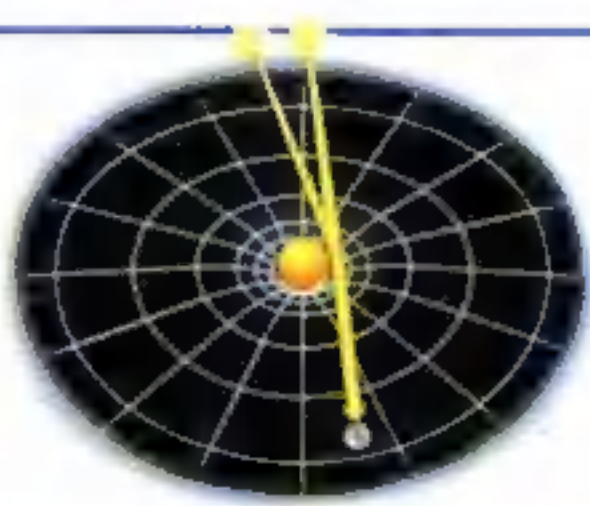
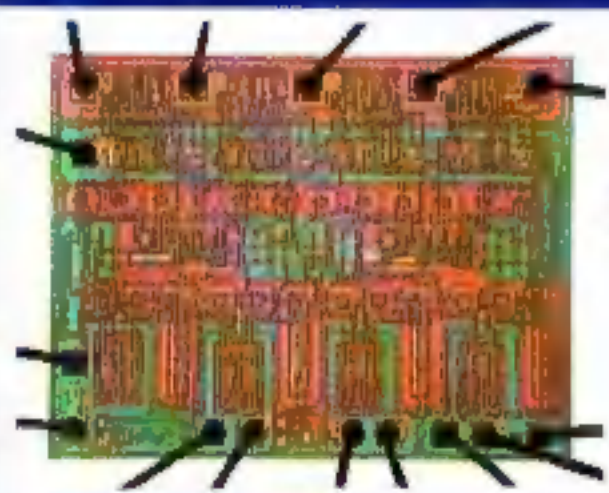


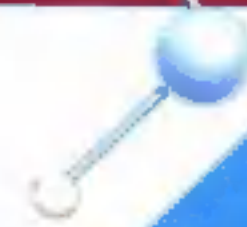
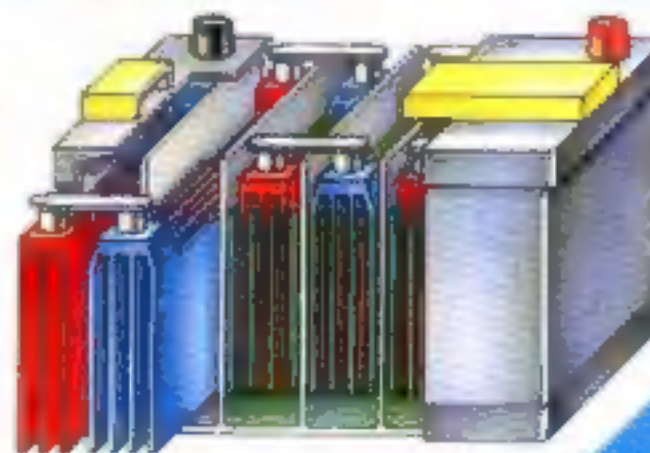
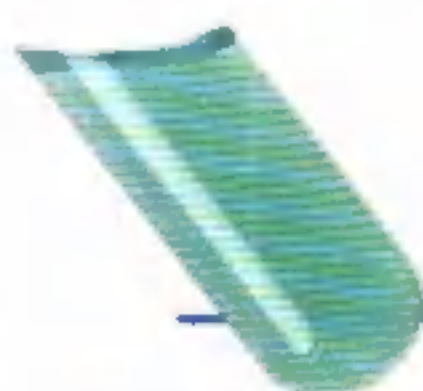
مَكْتَبَةُ لِبْنَاتٍ نَاشِرُونَ



# الموسوعة



# العلمية الشاملة



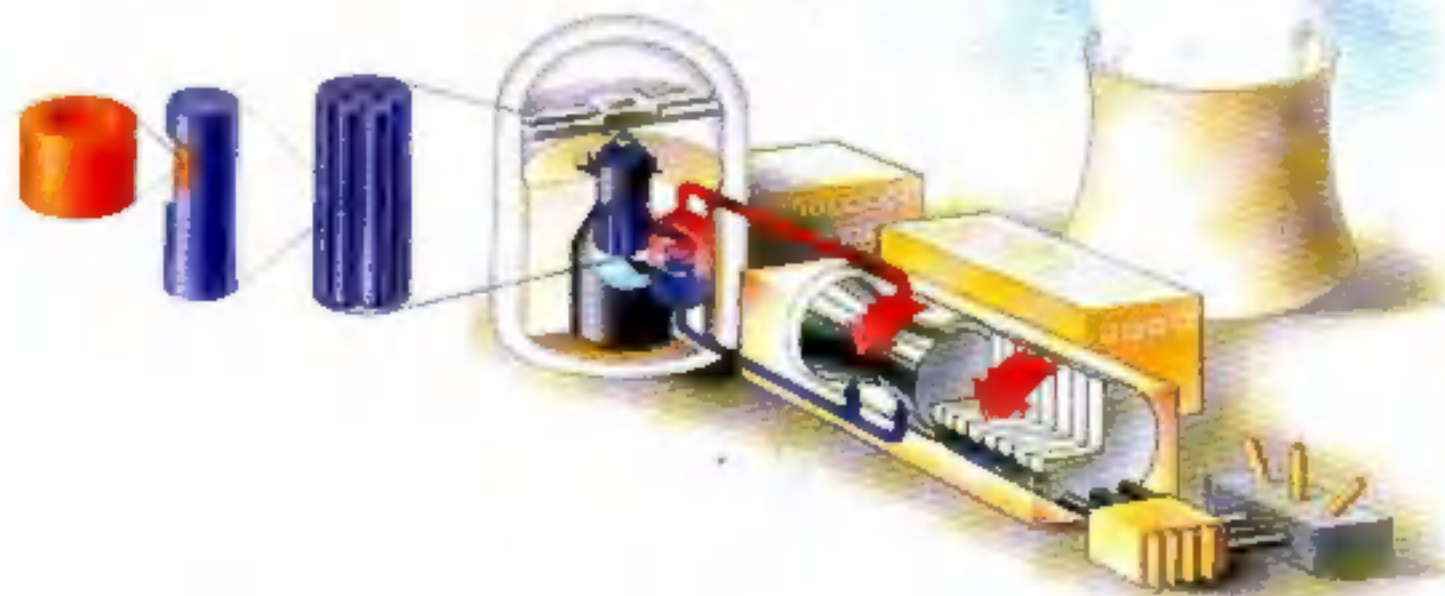


# الموسوعة العلمية الشاملة



## المرجع العلمي الأساسي للعلماء الشباب

- أكثر من ألفي مدخل تعالج قرابة ٢٥٠ موضوعاً رئيسياً في مختلف مجالات العلم الحديثة مرتبة موضوعياً لتيسر لك تناول المفاهيم والمسائل العلمية وعلاقاتها والقوانين التي تحكمها.
- أكثر من ٢٥٠٠ صورة وخريطة ومخطط بياني ملونة تضيء على المادة العلمية وضوحاً وحيوية.
- قسم خاص بالحقائق والمعلومات والجداول الزمنية للمراجعة المستعجلة، مع مسرد يعرف مئات المصطلحات العلمية الواردة في النصوص.
- فهرس عام شامل بمواد الموسوعة، ألفبائي الترتيب، يمكنك من التوصل إلى مطلبك بسهولة وسرعة.
- مرجع مكمل لبرامج العلوم الحديثة في المناهج المدرسية حتى المرحلة الجامعية - هو في الواقع مكتبة علمية في مجلد يضع العلم الحديث في متناول كل بيت.



مكتبة لبنات ناشرون

ISBN 9953-33-776-4

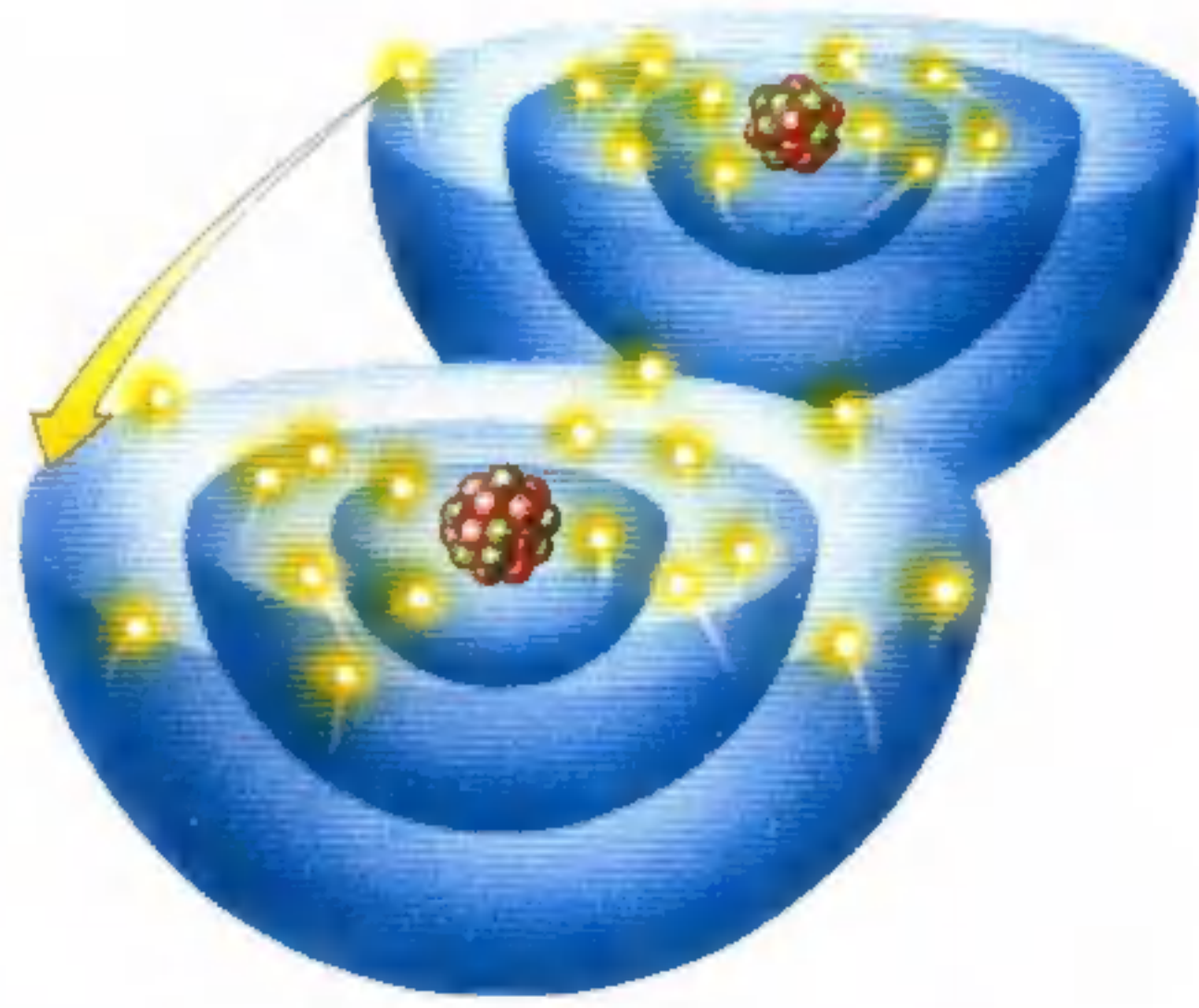


9 789953 337760

SCIENCE ENCYCLOPEDIA  
(ARABIC BUTTERFLY BOOKS)



# الموسوعة العلمية الشاملة



إعداد

أحمد شفيق الخطيب

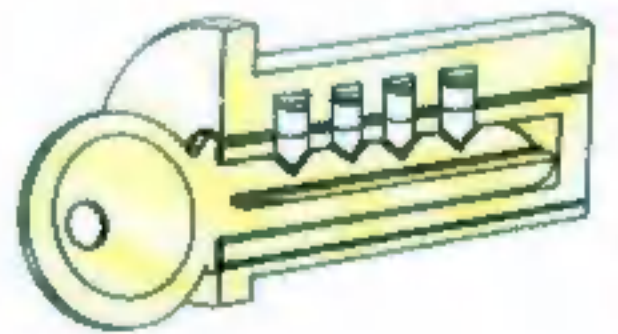
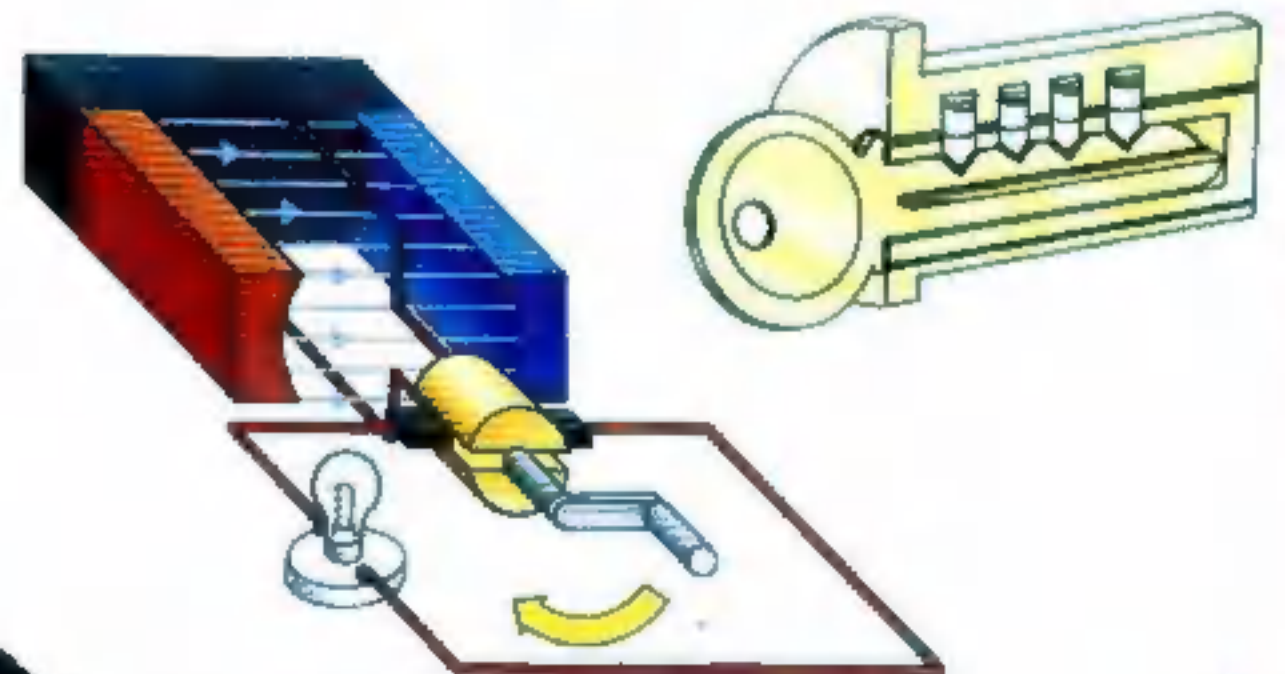
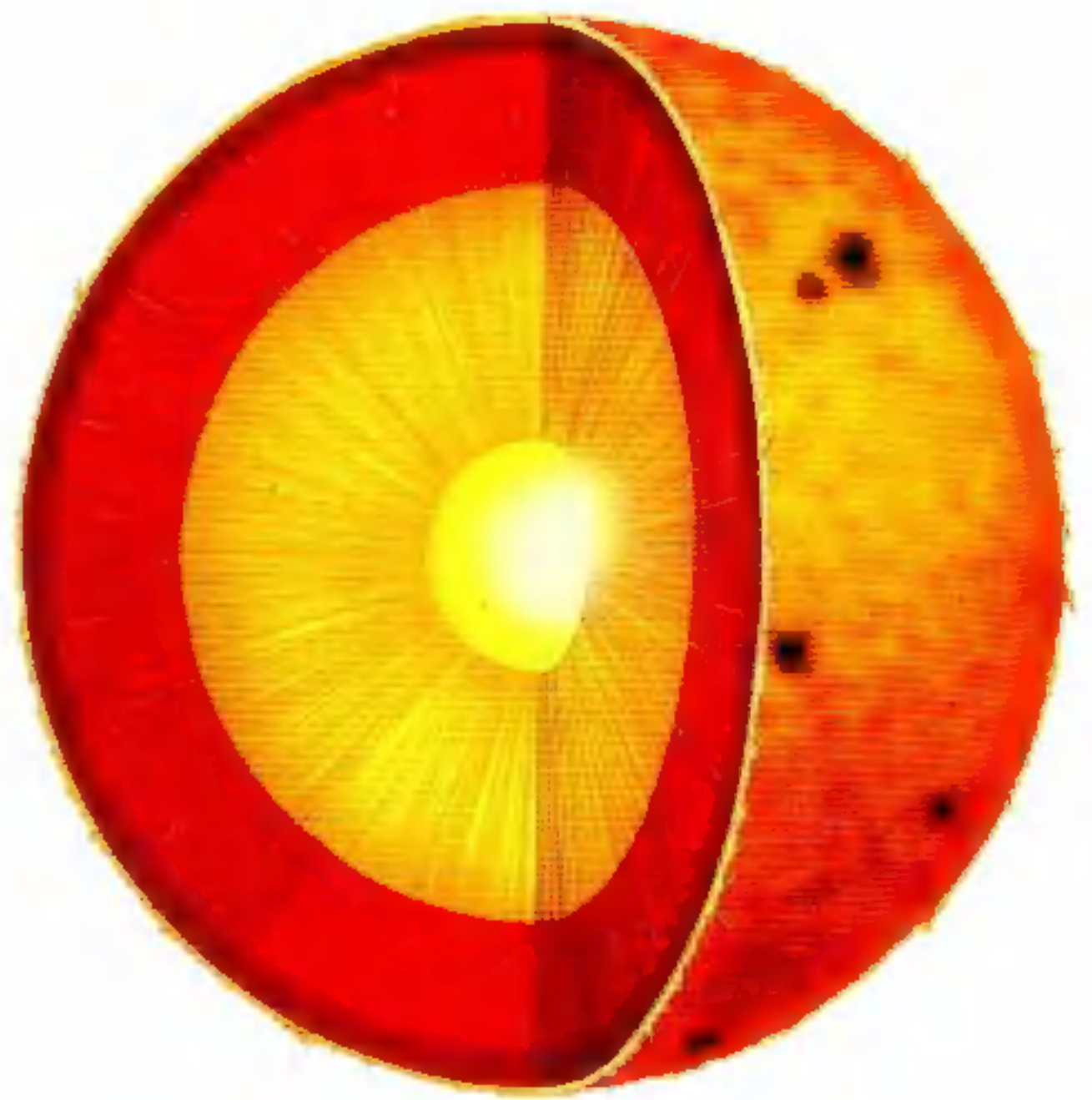
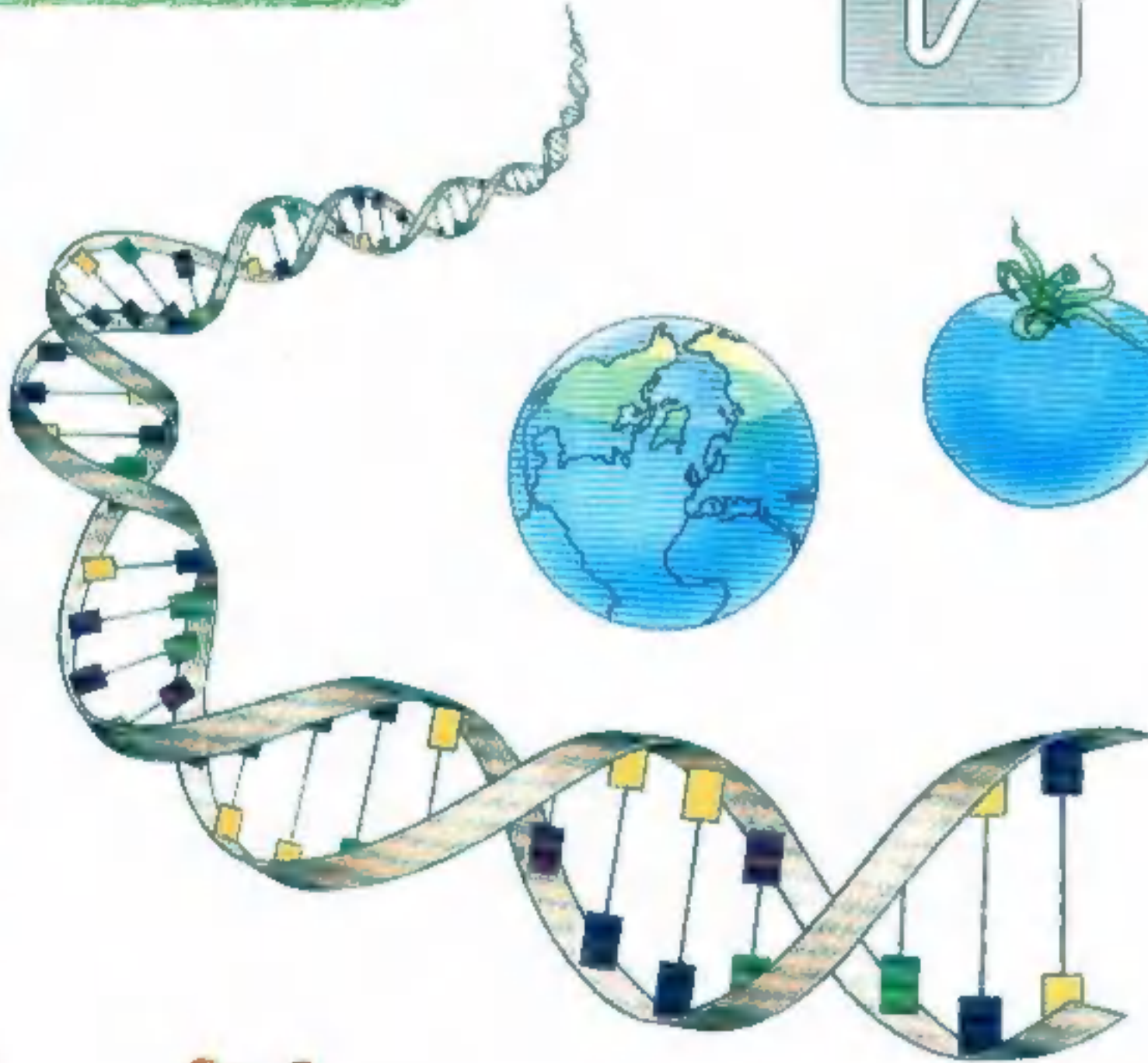
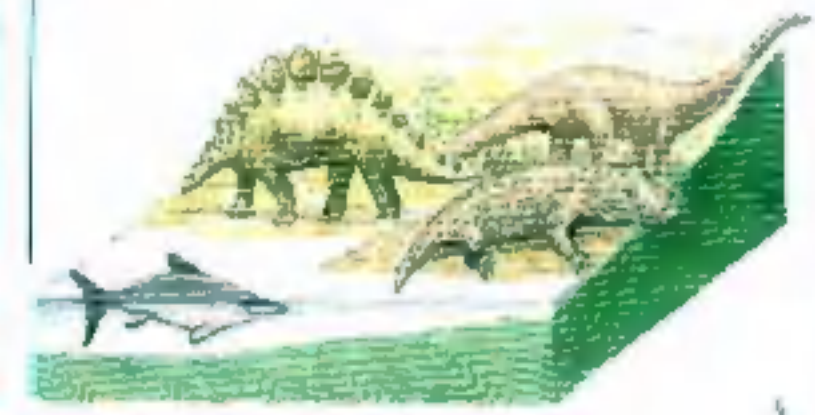
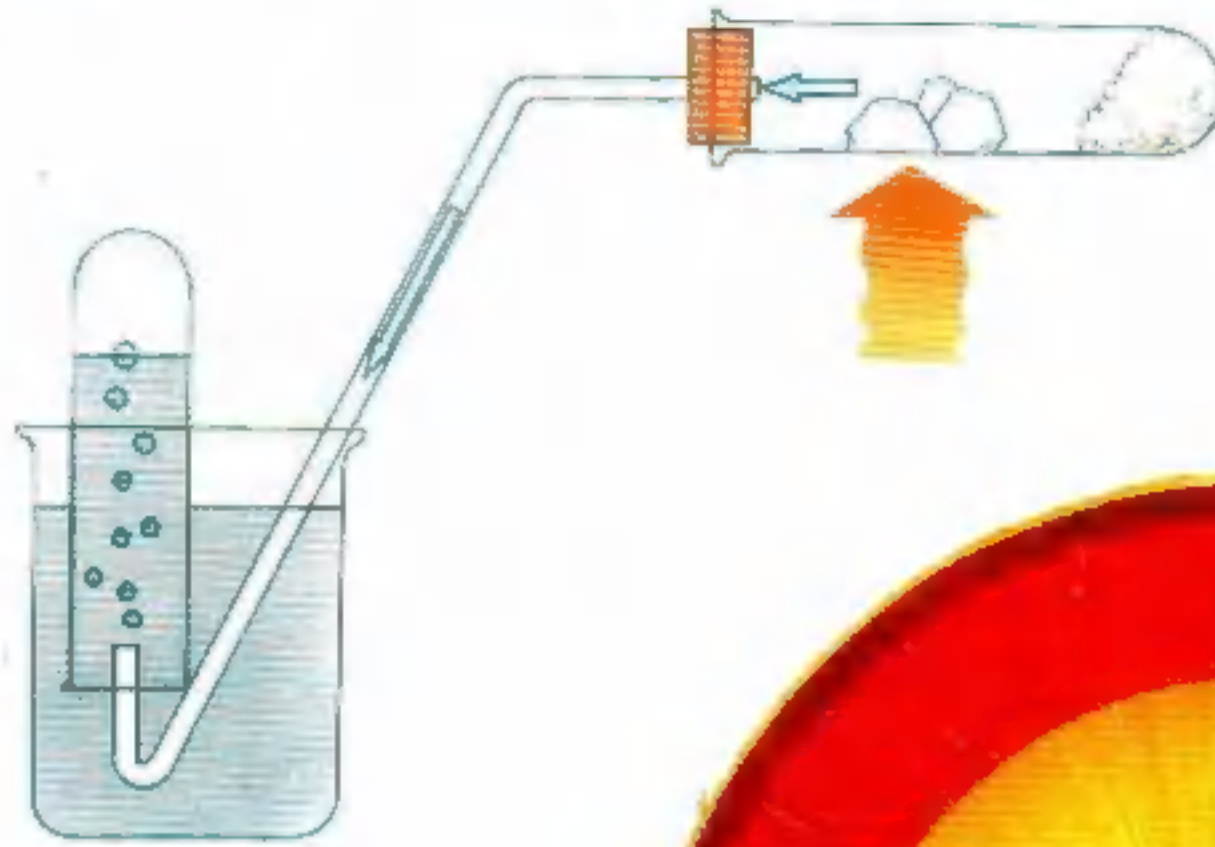
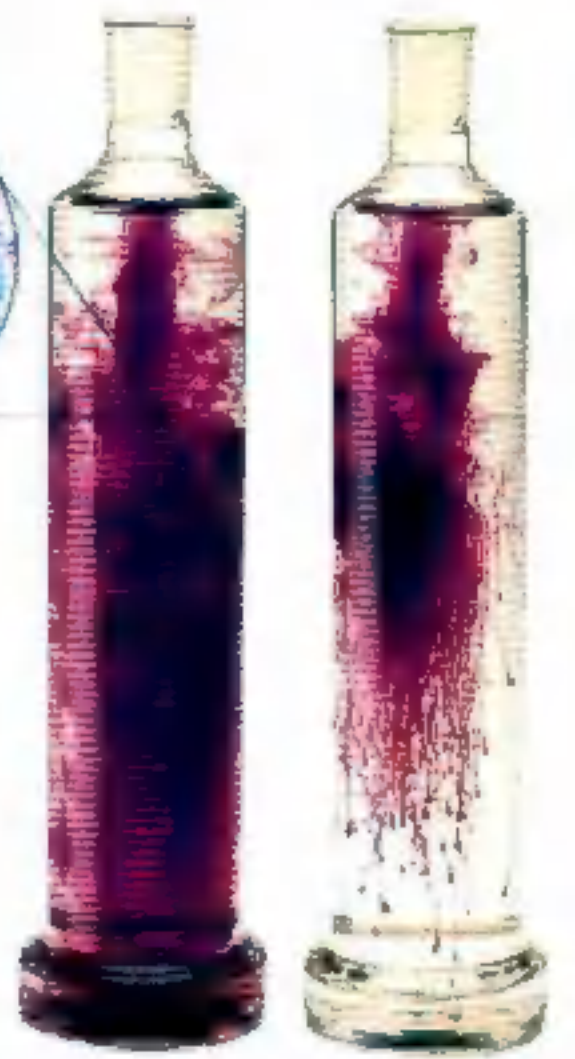
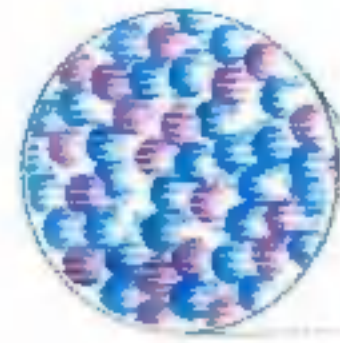
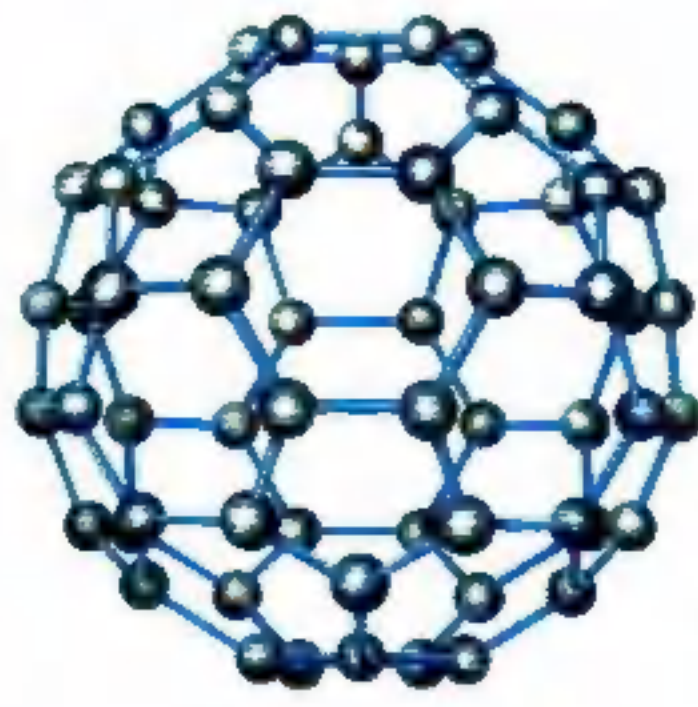
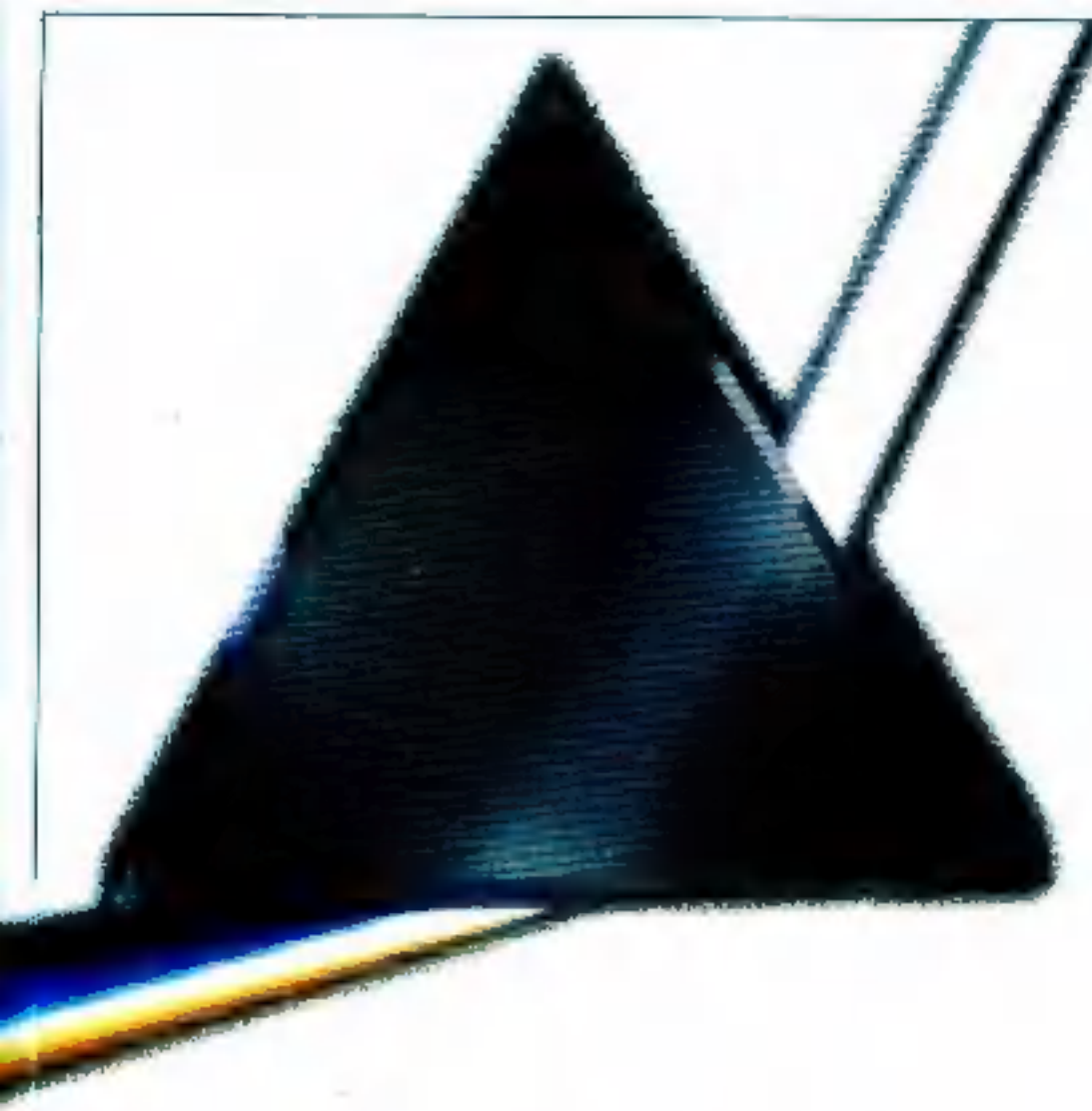
يوسف سليمان خير الله

رئيس التحرير

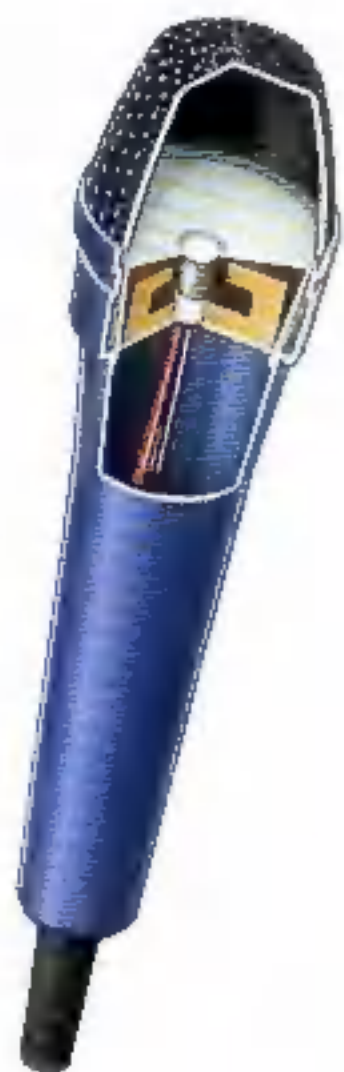
أحمد شفيق الخطيب

مكتبة لبنات ناشرون

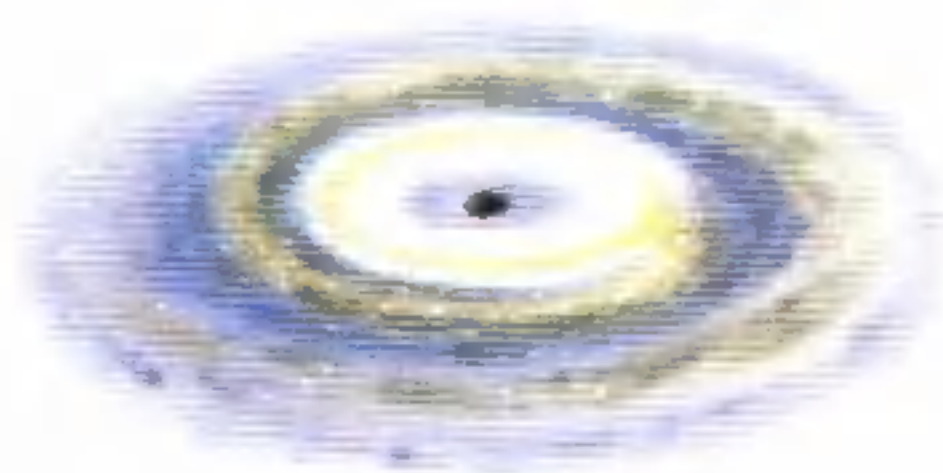








# الموسوعة العلمية الشاملة



مكتبة لبنان ناشرون



# المحتويات

٨١

## المواد

- ٨٢ صناعة الكيماويات
- ٨٣ الماء - معالجة وصناعاته
- ٨٤ الحديد وال فولاذ
- ٨٦ الشحاس
- ٨٧ الألومنيوم
- ٨٨ السبائك
- ٨٩ حامض الكبريتيك
- ٩٠ الأمونيا
- ٩١ الكيمياء الزراعية
- ٩٢ صناعة الأغذية
- ٩٤ صناعة القلويات
- ٩٥ الصابون والمنظفات
- ٩٦ منتجات الفحم
- ٩٧ منتجات الغاز
- ٩٨ منتجات النفط
- ١٠٠ المكثورات
- ١٠٢ الأصباغ والخشب
- ١٠٣ مستحضرات التجميل
- ١٠٤ الكيمياء في الطب
- ١٠٦ المواد اللصوقة
- ١٠٧ الألياف
- ١٠٨ الورق
- ١٠٩ الخزفيات
- ١١٠ الزجاج
- ١١١ تصميم المواد
- ١١٢ التلوث الصناعي



١١٣

## القوى والطاقة

- ١١٤ القوى
- ١١٦ جمع القوى ومحصلاتها
- ١١٧ القوى المتوازنة
- ١١٨ السرعة
- ١١٩ التسارع

٤٢ التروجين

٤٣ الفسفور

٤٤ الأكسجين

٤٥ الكبريت

٤٦ الهالوجينات

٤٧ الهيدروجين

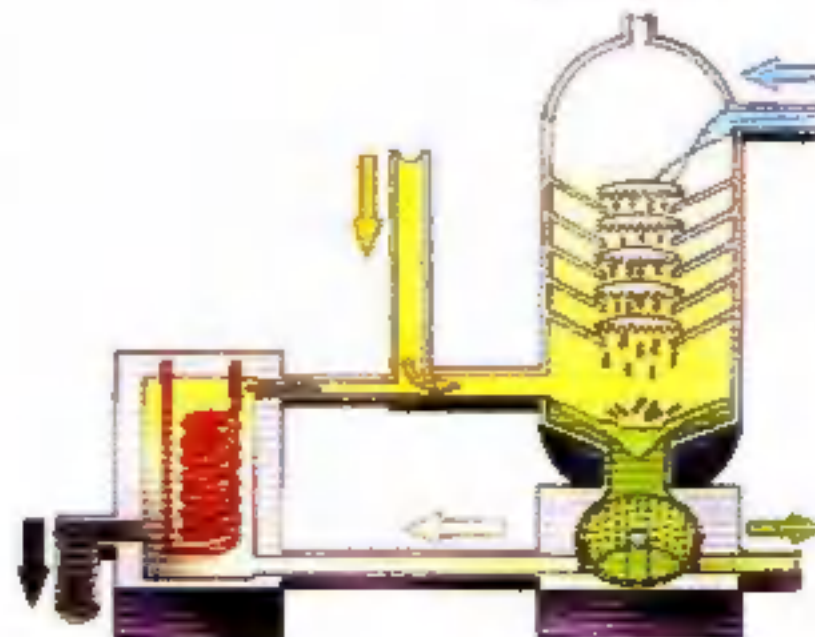
٤٨ الغازات الثييلة



٤٩

## التفاعلات

- ٥٠ النظرية الحركية
- ٥١ سلوك الغازات
- ٥٢ التفاعلات الكيماوية
- ٥٣ توصيف التفاعلات
- ٥٤ التفاعلات العكوسة
- ٥٥ سرعة التفاعلات
- ٥٦ الحفازات
- ٥٨ المركبات والمزيجات
- ٦٠ المحاليل
- ٦١ فصل المزيجات
- ٦٢ التحليل الكيماوي
- ٦٤ الأتسدة والاختزال
- ٦٦ سلسلة التفاعلية
- ٦٧ الكهولة (التحليل بالكهرباء)
- ٦٨ الحوامض
- ٧٠ القلويات والقواعد
- ٧٢ قياس الحمضية
- ٧٣ الأملاح
- ٧٤ كيمياء الهواء
- ٧٥ كيمياء الماء
- ٧٦ كيمياء الجسم البشري
- ٧٨ كيمياء الأغذية
- ٨٠ الاختمار



٩-٨

## إرشادات وإيضاحات

١٠

## المسارات التاريخية

- ١٠ تعرف المادة وأسرارها
- ١١ تعرف خفايا الطاقة واستخداماتها
- ١٢ تعرف خفايا الأرض والفضاء
- ١٣ تعرف الكائنات الحية ودراساتها

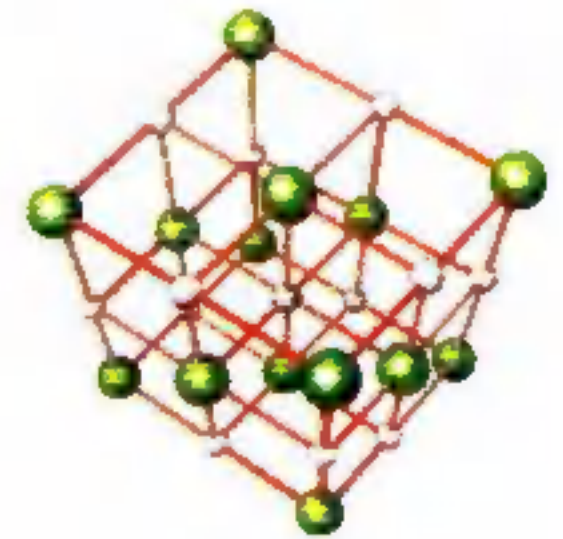
١٥-١٤

## العلماء - كيف

## وماذا يعملون ؟

١٦

## قواعد السلامة وزمورها



١٧

## المادة

- ١٨ حالات المادة
- ٢٠ تغيرات الحالة
- ٢٢ خصائص المادة
- ٢٤ البنية الذرية
- ٢٦ النشاط الإشعاعي (الفاعلية الإشعاعية)
- ٢٨ الترابط الكيماوي
- ٣٠ البلورات
- ٣١ العناصر
- ٣٢ الجدول الدوري للعناصر
- ٣٤ الفلزات القلوية
- ٣٥ فلزات الأتربة القلوية
- ٣٦ الفلزات الانتقالية
- ٣٨ الفلزات الوضيعة
- ٣٩ أشباه الفلزات
- ٤٠ الكربون
- ٤١ الكيمياء العضوية





١٧٧

## الصُّوْت والضَّوْء

- ٢١٦ البراكين
- ٢١٨ نُشوء الجبال
- ٢٢٠ الهَزَّاتُ الأرضيَّة
- ٢٢١ الصُّخُورُ والمعادن
- ٢٢٢ الصُّخُورُ البركانيَّة
- ٢٢٣ الصُّخُورُ الرُّسُويَّة
- ٢٢٤ الصُّخُورُ المُتَحَوِّلة
- ٢٢٥ الأُحافير
- ٢٢٦ الصُّخُورُ سبجَلات جيولوجيَّة
- ٢٢٨ الجليدُ والمثلجات
- ٢٣٠ التَّجْوِيَّة والتَّحَات
- ٢٣٢ أنواعُ التُّربة
- ٢٣٣ الأنهار
- ٢٣٤ البحارُ والمُحيطات
- ٢٣٥ الأمواجُ والمَدَرُ (المُدُّ والجَزَرُ)
- والتَّيارات
- ٢٣٦ حُطُّ السَّاحِل
- ٢٣٨ الفُحْم
- ٢٣٩ القُطْع والغاز
- ٢٤٠ رَسْمُ خرائط الأرض



٢٤١

## الطُّفُس

- ٢٤٢ ضياءُ الشَّمْس
- ٢٤٣ الفُصول
- ٢٤٤ المُناخ
- ٢٤٦ المُناخاتُ المُتغيِّرة
- ٢٤٨ الجَو
- ٢٥٠ ضَغْطُ الهَوَاء
- ٢٥١ دَرَجَاتُ الحرارة
- ٢٥٢ الرُّطوبَة
- ٢٥٣ الجَبهاتُ المُناخيَّة
- ٢٥٤ الرِّياح
- ٢٥٦ قُوَّة الرِّياح
- ٢٥٧ الرُّعْدُ والبرق
- ٢٥٨ الأعاصير
- ٢٥٩ الأعاصيرُ الدَّواميَّة
- ٢٦٠ السُّحب
- ٢٦٢ تَكُونُ السُّحب
- ٢٦٣ الصَّيَابُ والسُّبُورَة والمُصْخَن
- ٢٦٤ المَطَر
- ٢٦٦ التَّلج
- ٢٦٧ البَرَد
- ٢٦٨ الصَّقيعُ والنَّدَى والجليد
- ٢٦٩ تأثيراتُ خاصَّة
- ٢٧٠ التَّنبُّؤُ بالأحوال الجَوِّيَّة
- ٢٧٢ رَصدُ الطُّفُس

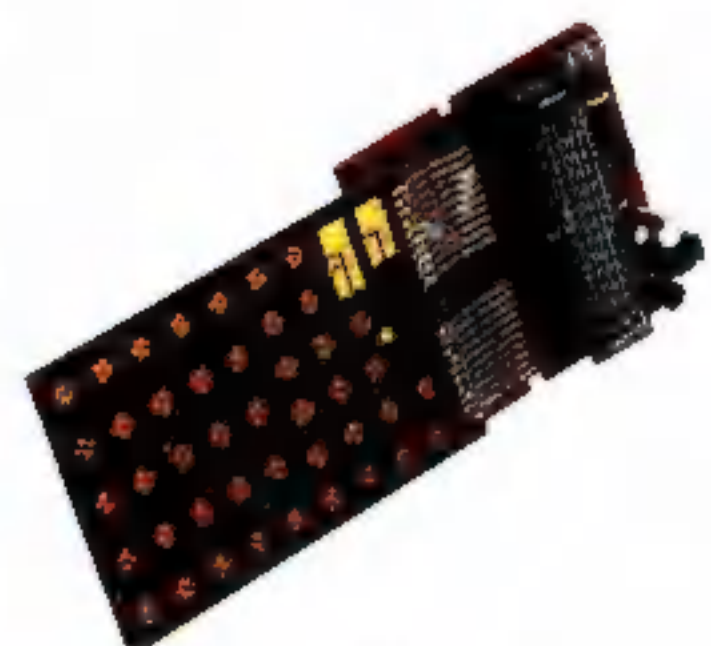


٢٠٩

## الأرض

- ٢١٠ تَكُونُ الأرض
- ٢١٢ بِنْيَةُ الأرض
- ٢١٤ القارَّاتُ المُتحرِّكة

- ١٢٠ القُوَّة والحَرَكة
- ١٢١ الإخْتِكَاك
- ١٢٢ الجاذبيَّة
- ١٢٣ قِياسُ القُوَّة
- ١٢٤ قُوَّة الدَّوران والتدوير
- ١٢٥ الحَرَكة الدائريَّة
- ١٢٦ الإهْتِزازات
- ١٢٧ الضَّغْط
- ١٢٨ القُوَّة في الموائع
- ١٢٩ الطُّفُو والغَطْس
- ١٣٠ المِكنات
- ١٣٢ الشُّغْل والطَّاقة
- ١٣٤ مَصَادِرُ الطَّاقة
- ١٣٦ الطَّاقة النُّويَّة
- ١٣٨ تَحَوُّلاتُ الطَّاقة
- ١٤٠ الحَرارة
- ١٤٢ إِنْتِقَالُ الحرارة
- ١٤٣ المُحرَّكات



١٤٥

## الكهرباء والمُغْنَطِيسِيَّة

- ١٤٦ الكهربائيَّة السَّاكِنة
- ١٤٨ الكهرباءُ التَّيارِيَّة
- ١٥٠ الخلايا والبَطارِيَّات
- ١٥٢ الدَّاراتُ الكهربائيَّة
- ١٥٤ المِغْنَطِيسِيَّة
- ١٥٦ الكهْرِمِغْنَطِيسِيَّة
- ١٥٨ المُحرَّكات الكهربائيَّة
- ١٥٩ المُولِّدات
- ١٦٠ موارِدُ الكهرباء
- ١٦١ الكهرباء في البيت
- ١٦٢ الاتِّصالات البُعاديَّة
- ١٦٤ الرَّاذِيُو
- ١٦٦ التِّلْفِزيون
- ١٦٨ مَقَوِّمات إلكترونيَّة
- ١٧٠ الدَّاراتُ المُتكامِلة
- ١٧٢ الحاسِبات
- ١٧٣ الحَواسِب
- ١٧٥ إِسْتِخْدَامُ الحَواسِب
- ١٧٦ الرُّبُوتات





### ٣٦٩ البيئة

- ٣٧٠ الغلاف الحيوي
- ٣٧٢ دورات في الغلاف الحيوي
- ٣٧٤ البشر وكوكبهم
- ٣٧٦ الفضلات وإعادة تدويرها
- ٣٧٧ السلاسل والشبكات الغذائية
- ٣٧٨ الجماعات الحيوانية
- ٣٧٩ التعايش المشترك
- ٣٨٠ اللون والتمويه
- ٣٨١ الهجرة والإسبات
- ٣٨٢ مناطق القطبين والتندرا
- ٣٨٤ الجبال
- ٣٨٥ الشواطئ
- ٣٨٦ المحيطات
- ٣٨٨ الأنهار والبحيرات
- ٣٨٩ المناطق الرطبة
- ٣٩٠ الصحاري
- ٣٩٢ السهوب العشبية
- ٣٩٤ الغابات المطيرة الاستوائية
- ٣٩٦ غابات المنطقة المعتدلة
- ٣٩٧ البلدان والمدن
- ٣٩٨ الحياة البرية في خطر
- ٤٠٠ الحفاظ على البيئة الطبيعية

٤٠١ - ٤٢٥

### حقائق ومعلومات

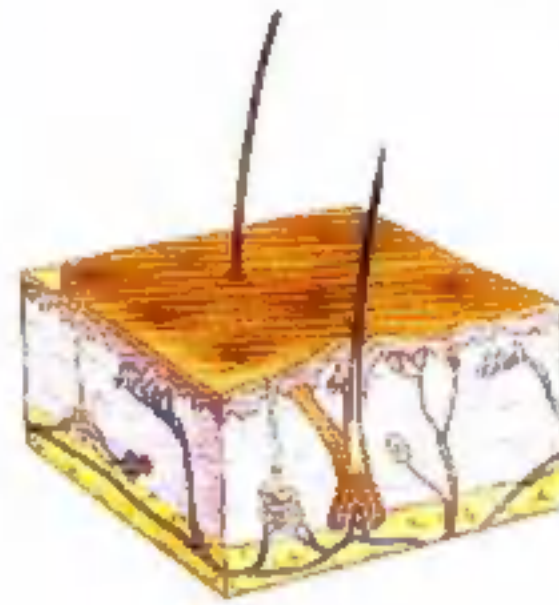
٤٢٦ - ٤٣٣

### فهرس التعريفات

٤٣٤ - ٤٤٥

### الفهرس العام

- ٣١٥ الفطريات
- ٣١٦ اللازهرات
- ٣١٧ الصنوبريات
- ٣١٨ النباتات المزهرة
- ٣٢٠ قنديل البحر وشقائق البحر والمرجان
- ٣٢١ الديدان
- ٣٢٢ المفصليات
- ٣٢٤ الرخويات
- ٣٢٥ نجم البحر والزقيات
- ٣٢٦ الأسماك
- ٣٢٨ البرمائيات
- ٣٣٠ الزواحف
- ٣٣٢ الطيور
- ٣٣٤ الثدييات
- ٣٣٦ الرئيسات



٣٣٧

### الكائنات الحية كيف تعمل

- ٣٣٨ الخلايا
- ٣٤٠ التخليق الضوئي
- ٣٤١ نظام النقل في النبات
- ٣٤٢ الغذاء
- ٣٤٣ الاغذية
- ٣٤٤ الأسنان والفكان
- ٣٤٥ الهضم
- ٣٤٦ التنفس الخلوي
- ٣٤٧ التنفس
- ٣٤٨ الدم
- ٣٤٩ الدورة الدموية
- ٣٥٠ البيئة الباطنية (في الأحياء)
- ٣٥٢ الهياكل الداعمة
- ٣٥٤ الجلد
- ٣٥٥ العضلات
- ٣٥٦ الحركة
- ٣٥٨ الحواس
- ٣٦٠ الأعصاب
- ٣٦١ الدماغ
- ٣٦٢ النمو ومراحله
- ٣٦٤ الوراثة
- ٣٦٦ التكاثر اللاجنسي
- ٣٦٧ التناسل الجنسي
- ٣٦٨ التناسل البشري



٣٧٣

### الفضاء

- ٣٧٤ الكون
- ٣٧٥ أصل الكون
- ٣٧٦ المجرات
- ٣٧٨ النجوم
- ٣٨٠ دورة حياة النجوم
- ٣٨٢ الكواكب (الأبراج)
- ٣٨٣ النظام الشمسي
- ٣٨٤ الشمس
- ٣٨٦ عطارد والزهرة
- ٣٨٧ الأرض
- ٣٨٨ القمر
- ٣٨٩ المريخ
- ٣٩٠ المشتري
- ٣٩١ زحل
- ٣٩٢ أورانوس
- ٣٩٣ نبتون ويونو
- ٣٩٤ الكويكبات
- ٣٩٥ المذنبات والنيازك
- ٣٩٦ علم الفلك
- ٣٩٧ التلسكوبات الأرضية
- ٣٩٨ تلسكوبات الفضاء
- ٣٩٩ الصواريخ
- ٣٠٠ السواتل (الأقمار الصناعية)
- ٣٠١ السواير الفضائية
- ٣٠٢ الإنسان في الفضاء
- ٣٠٤ المحطات الفضائية



٣٠٥

### الكائنات الحية

- ٣٠٦ ماهية الحياة
- ٣٠٧ كيف ابتدأت الحياة
- ٣٠٨ النشوء والتطور
- ٣٠٩ آلية التطور
- ٣١٠ تصنيف الكائنات الحية
- ٣١٢ الحشرات (المفترسات)
- ٣١٣ الجراثيم (البكتيريا)
- ٣١٤ المتعضيات الوحيدة الخلية



# إرشادات وإيضاحات

الزواحف. عندما تطلب مدخلا حول موضوع ما، أنظر أولاً موقعه في صفحة المحتويات أو أطلبه في الفهرس لإيجاد الصفحات التي تحوي معلومات حول الموضوع الذي تريده.

تبين لك هاتان الصفحتان طريقة استخدام الموسوعة وتقسيماتها. هنالك اثنا عشر مبحثاً عاماً، كالنفاعلات والكائنات الحية. وضمن كل مبحث هنالك مداخل رئيسية حول الموضوع، مثل كيمياء الأغذية أو

الفهرس في نهاية الموسوعة يدرج كامل مواد الموسوعة ومداخلها.

رقم الصفحة بالحرف العادي  
يُحيلك إلى المرجع ضمن مواد الموسوعة.  
رقم الصفحة بالحرف الأسود  
يُحدد المدخل الرئيسي.  
أما رقم الصفحة بالحرف المائل  
فيُحيلك إلى الصفحات ضمن قسم حقائق ومعلومات.

## المباحث العلمية

المعلومات في هذه الموسوعة مرتبة حسب المواضيع. فكل مدخل يُعطي معلومات وافية عن موضوع مُعين، وهذا يناسب بحاجة الطلاب الذين يحضرون مشاريع علمية. وبمراجعة صفحات أخرى في القسم نبيه يمكنك أن تتقضى جوانب الموضوع وتستوعب تفاصيله. هذه الصفحة عن موضوع التحليل الكيميائي مثلاً، هي من قسم النفاعلات. فالكلمات والصّور تبرز مواضيع أخرى وثيقة العلاقة بهذا الموضوع، كالاستشراق واختبارات اللهب، بأسلوب واضح مُشوّق.



تدريج الفهرس  
قائمة بجميع مواضيع الموسوعة والصفحات التي تعالج هذه المواضيع.  
كل مدخل رئيسي مُعالج في صفحة أو صفحتين.

صفحات المحتويات  
تدرج قائمة بموضوع كل صفحة تحت عنوان مبحث العام.

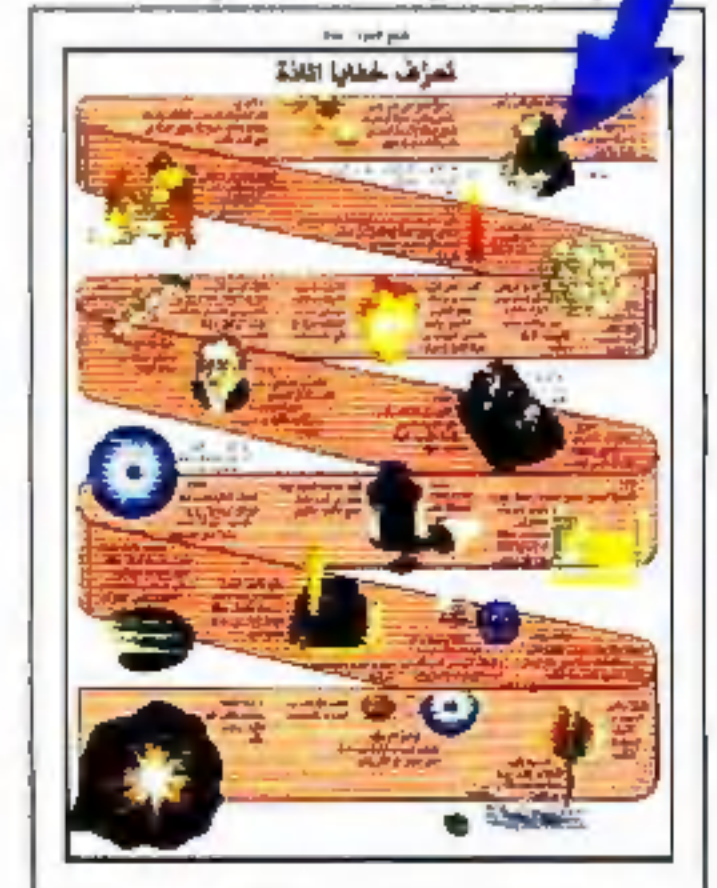


البنية الذرية تُبين لك طبيعة الذرات ومكوناتها.

في موضوع «مصادر الضوء» شرح لأسباب ابتعاث الذرات للضوء عند إخماتها - وكيف أنّ خطوط الطيف الضوئي المكتشف من الغنصر تستخدم لتحديد قوّته.

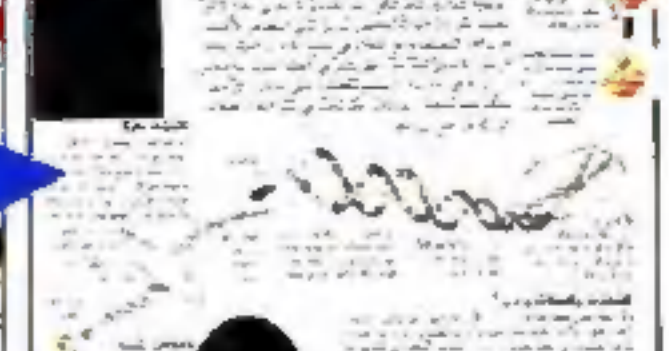
## المسارات التاريخية

يتصدّر الموسوعة أربعة مسارات تاريخية تعرض التسلسل الزمني لتطوّر فروع العلم المختلفة من أقدم العصور حتى العصر الحاضر. تتحوّز هذه المسارات حول المباحث التالية: المادة، الطاقة، الأرض والفضاء، والكائنات الحية.



الوراثيات تُبين لك كيف أنّ الرامور الكيميائي في ن ا يجعل كل مخلوق قريباً

## الوراثيات (علم الوراثة)



## لمزيد من المعلومات انظر

البنة الذرية ص ٢٤  
المركبات والمزيجات ص ٥٨  
فصل المزيجات ص ٦١  
مصادر الضوء ص ١٩٣  
الوراثيات ص ٣٦٤  
حقائق ومعلومات ص ٤٠٤

## لمزيد من المعلومات

في أسفل الزاوية اليسرى من كل صفحة إطار يُدرج ضمنه قائمة بصفحات أخرى من الموسوعة تجد فيها مزيداً من المعلومات عن موضوع بحثك. مثلاً إطار «المزيد من المعلومات» في صفحة التحليل الكيميائي يُورد قائمة من ستة مداخل وثيقة العلاقة بالموضوع مع أرقام صفحاتها.

إطار «لمزيد من المعلومات» عن مصادر الضوء يُحيلك إلى أربعة مداخل ذات علاقة بالموضوع هي: الغازات النبيلة، النفاعلات الكيميائية، موارد الكهرباء، والألوان.



# تَعْرِفُ خَفَايا المادَّة

٤٠٠ ق.م. الفيلسوفان اليونانيان ديمقريطس وأبيقور،

يُعلِّمان أن المادَّة تتألَّف من ذرات دقيقة دائية الحركة، لا تُدرك بالحواس، لا تقسيم ولا تقس.



ديمقريطس

ظلَّ الناس على مدى مئات السنين يعتقدون بقوله أرسطو إن عناصر المادَّة الأساسية أربعة هي: النار والماء والتراب والهواء.

إعتبر الفلاسفة أن هذه الجسيمات تمثل ذرات العناصر الأربعة: النار والماء والتراب والهواء.

٣٠٠ ق.م. كان الفيلسوفان اليونانيان، أفلاطون وأرسطو، يعتقدان بإمكان استمرارية تقطيع المادَّة إلى قطع أصغر فأصغر.

الجزيئون المهيمة، كالمُحلَّلين والصَّباغين والمُخرَّافين، هم خبراء التقانات الصناعيّة.



تنتشر جزيئات الغاز (الهيدروجين) في الهواء المُبْطَازَلَف.



١٦٦١ إرتأى العالمُ الأيرلندي، روبرت بويل، أن مقولة ديمقريطس (الذرات الدقيقة المتحركة) أفضل من عناصر أرسطو الأربعة لتفسير التفاعلات الكيميائيّة.



عُلماء العصر يُفسِّرون الاحتراق بفرعيّة انطلاق اللّاهوب (العنصر الملتهب) اللامتظور المتواجد في الموادّ القابلة للاحتراق.

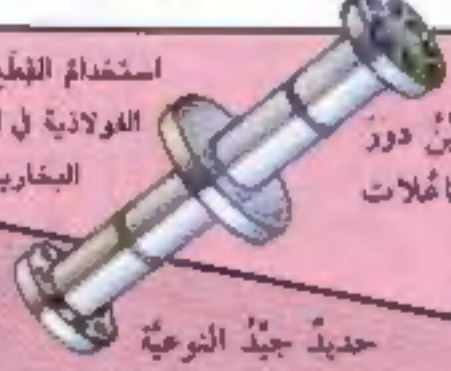


الباحثون يدرسون الحرارة ويستقصون خصائص الغازات المكتشفة حديثاً مثل ثاني أكسيد الكربون.

العالمُ الفرنسي أنطوان لافوازييه (١٧٤٣-١٧٩٤) يبيّن دور الأكسجين في الاحتراق وتفاعلات أخرى، ويقدّم فرعيّة اللّاهوب.



١٨٠٨ الكيميائي البريطاني، جون دالتون، يُدخِل المفاهيم المعاصرة للعناصر والمرئيات وتألفها من ذرات وجزيئات.



استخدام القطع الفولاذية في السفن البخارية.

حديد جيّد النوعيّة ورخيص يُستخدم في صناعة القوالب.

يتكوّن الفحم لساناً من الكربون.



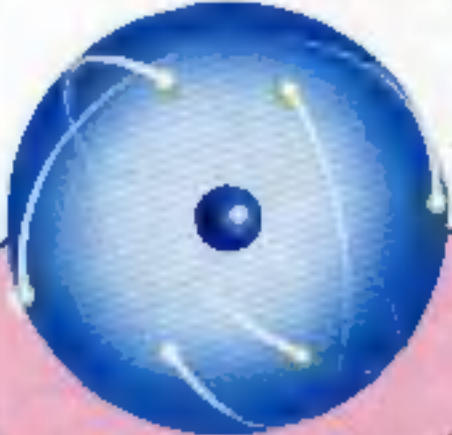
إختراع محركات الاحتراق الداخلي باستخدام الغاز أو البنزين كوقود.

١٨٣٠ الكيميائيون الألمان برنارد على الكربون كأساس للكيمياء العضوية (كيمياء الكائنات الحيّة).



تُلهو صناعات كيميائية مهمّة جديدة في ألمانيا تشمل تصنيع الأدوية والأصباغ.

١٨٩٧ إكتشاف الإلكترونات بواسطة الفيزيائي البريطاني، ج.ج. طومسون، يبيّن أن الذرات ليست أصغر الجسيمات.



استخدام الأشعّة السينيّة، المُضَرَّة بالأنسجة أصلاً، مُلَطَّفَة لتوفير معلومات طبيّة مُفيدة، وتمكين الأطباء من مُشاهدة دواخل الجسم وتشخيص العُمل فيه.



إنتاج الأجهزة التلفويّة بالجُملة من لُبنة الباكلت الراتنجيّة المُصنّعة، وتطوّر صناعة اللدائن إلى صناعة عالمية كبرى.



١٩٢٩-١٩٤٥ العلماء يسيرون نوايا النواة المركزيّة للذرات، واكتشاف جسيمات أصغر بكثير من النواة كالبروتونات والنيوترونات.



البحث يتركز خلال الحرب العالمية الثانية على صناعة القنبلة الذرية وعلى عقار البسيلين، المُضاد الحيوي المُعالج لعدوى البكتيريا.

تُصنّع الملابس الرخيصة من الأقمشة الاصطناعيّة كالنيلون.



يواصل الفيزيائيون اكتشاف جسيمات صغريّة دون الذريّة أصغر فأصغر مثل الكواركات.



اكتشاف الكواركات داخل البروتونات والنيوترونات.

لا يزال العلماء يحاولون تقصي أصل الكون وبدايات خلقه.





# تَعْرِفُ خَفَايا الطَّاقَةِ واستخداماتها

الحضارات الأولى تعتمد على قدرة الرياح وعلى القوة العضلية في الشغل والبناء. وتستخدم الخشب كمصدر حرارة.



عالم الرياضيات اليوناني، أرخميدس، يضع مبادئ علم الميكانيكا ويخترع الكثير من السطوح والآلات المهمة.



لؤاس أرخميدس

على مدى مئات السنين، ظلت نظريات وأفكار الفيلسوف اليوناني، أرسطو، مُسيطرَة على مختلف مجالات الفكر والمعرفة.



الفيزيائي وعالم الفلك الإيطالي، غاليليو، يؤكد على استخدام التجربة والاختبار والقوانين الرياضية في تقصي أسرار الطبيعة.



جهاز تليسكوب غاليليو على المقذوفات

1687  
إسحق نيوتن  
يشر نظريته عن الجاذبية، بقانون رياضي فريد يحدد حركة الكواكب البعيدة كما يحدد حركة الأشياء على الأرض.



الفاصل يحدث لسواثر عديدة بين مؤيدي نيوتن في أن الضوء يتألف من جسيمات دقيقة وبين مؤيدي الفيزيائي الهولندي، هيجنز، في أن الضوء ذو طبيعة تموجية.

1745  
اختراع وعاء ليدين، الذي يُخزن الشحنات الكهربائية الساكنة، يُمكن العلماء من إجراء تجارب كهربائية جديدة.



1770-1790  
المحركات البخارية الأولى تُحل محل الأنظمة في صنع الماء من مناجم الفحم وتطوّر المحركات البخارية لاحقاً إلى قاطرات.

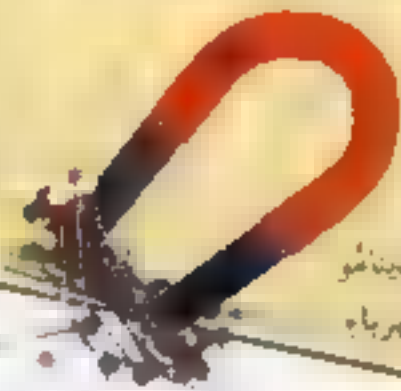


1799  
السياندرز فونتا، في إيطاليا، يخترع البطارية، أول مصدر للكهرباء الثابتة.

باستخدامهم تقنيات رياضية متقدمة واختبارات دقيقة، الباحثون الفرنسيون يُؤكدون النظرية التوجّهية للضوء.



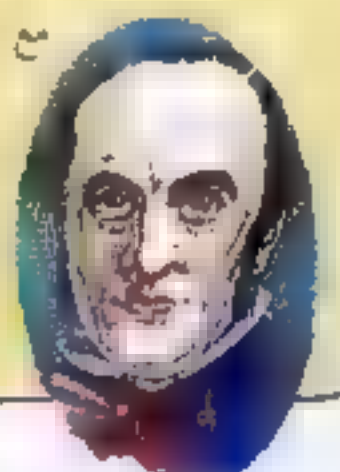
1831-1840  
العالم البريطاني، مايكل فارادي، يستخدم قوى التحاّذب والتنافر المغناطيسية كأساس لصنع الدينامو (المولد الكهربائي) عماد توليد الكهرباء الصناعية والمنزلية.



المحركات البخارية تُبدّل بالطاقة المعامل الجديدة والقطارات، جاعلة من بريطانيا أولى البلدان الصناعية في العالم.



مع تزايد أهمية الشبكات، يقوم الفيزيائيون والمهندسون بدراسة العلاقات بين الحرارة والفقد والشغل.

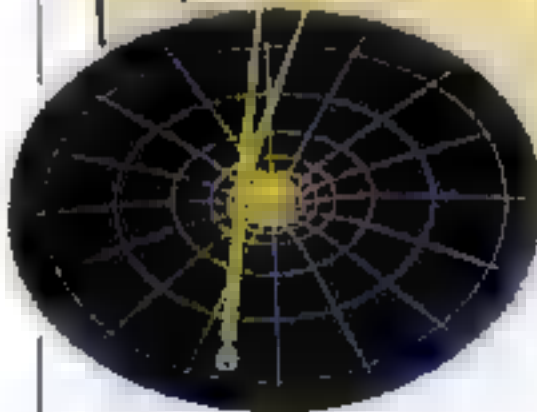


1888  
الفيزيائي الألماني، هيرتز، ينجح أمواجاً راديوية (لاستكة) في مختبره، وهو اكتشاف علمي بالغ الأهمية.



شبكات التيار والكهرباء تبدأ في تغيير أساليب الصناعة ونمط حياة الناس اليومية أيضاً.

1915  
العالم الألماني المولد، ألبرت أينشتاين، يحدث تغييراً جذرياً في أرائنا حول الكون بإحراج النظرية النيوتنية العامة على أسس رياضية.



في العام 1919، ارتأى أينشتاين أن مسار شعاع ضوئي ينحني بالجاذبية. وقد تأكد ذلك بأشاهدات التي أُحرزت على ضوء النجوم أثناء خسوف الشمس.



النظريات الحديثة لميكانيكا الكم تُحدد طبيعة الضوء كمسبل من الفوتونات الدقيقة تعمل كموج وكجسيمات.

العلماء يتفهمون النشاط الإنشعاعي أكثر فأكثر بفضلهم البنية الداخلية لنواة الذرة.

العالم البريطاني، جيسس جول (1842-1911) يُحدد العلاقة بين الشغل والحرارة (بإيجاد التكافؤ الميكانيكي للحرارة).

1945  
العالم يُدخل بالقذرة التدميرية للقتلة الدورية بعد فُتلتني هيروشيما وناغازاكي.

المخترعات الحديثة لتوليد الكهرباء تستخر الطاقة النووية لأغراض السلام.



خُرم الضوء الفائقة القدرة التي تُنتجها الليزر شرعت ما يُوجد لها استعمالات عدة في الفيزياء والصناعة والطب.

1959  
مدارسهم للقوى الكونية الأربع، يربط الفيزيائيون نجاح بين القوى الكهرمغناطيسية وبين القوى النووية الضعيفة.



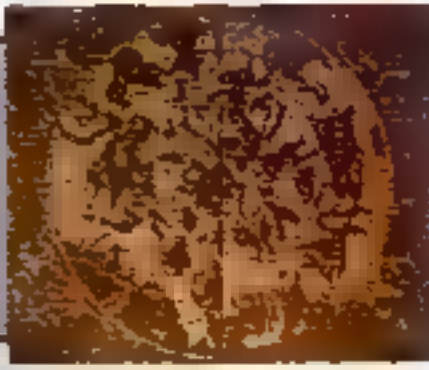
يتابع العلماء استقصاء ما إذا كانت جميع المجرات في الكون تحكّمها القوانين الفيزيائية نفسها.

تزايد اهتمام البشيين باستخدام مصادر قذرة أكثر أماناً لعدم إلحاق الضرر بالبيئة.



# تَعْرِفُ خَفَايَا الْأَرْضِ وَالْفَضَاءِ

انبطح الإغريق خرائط شتى معقدة للسماء  
مُستوحاة من اعتقادهم بالمخلوقات  
الأسطورية.



معظم فلاسفة الإغريق  
يرتأون أن الأرض ثابتة  
في مركز الكون.

شعوب الحضارات القديمة لديهم آراء متباينة  
حول الكون. فالهنود يرون أن الأرض بحملتها  
أربعة دنانير تدور على ظهر نجا ضخمة.



١٥٤٣

عالم الفلك  
اليوناني، كوبرنيكوس، يرفض أن سلوك  
الأجرام السماوية يمكن تمييزه بصورة أفضل إذا كانت  
الأرض هي التي تدور حول الشمس.

عالميو يؤيد نظريات كوبرنيكوس ويستخدمون  
بقراءة (نيلسكوتا) لرحلات القمر  
والكواكب.

صورة طبق الأصل عن كوكب  
غالبيلو ذي العنصرين



١٧٨١

عالم الفلك البريطاني، وليام  
هرشل، يرسم خرائط للنجوم ويكتشف  
كوكبًا جديدًا هو كوكب أورانوس.



الآلات الحديثة الأكثر  
دقة تمكن الناس من  
تسجيل وجمع  
المعلومات من جو الأرض. ونشأ بذلك علم  
جديد هو علم الأرصاد الجوية.

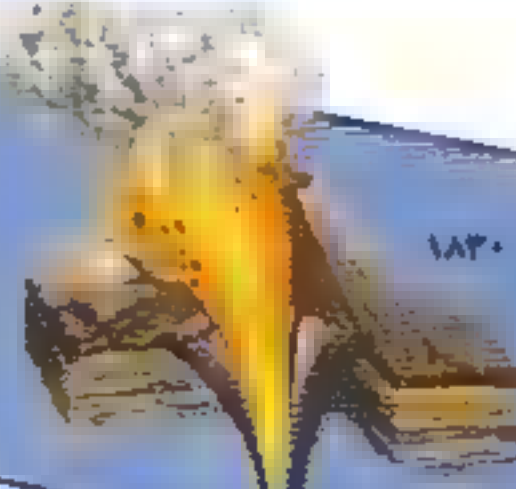
تزايدت قبيل وشيخ  
مفهوم إسحق نيوتن  
ومقوله بنظام  
كواكب مركزه  
الشمس، ونشأ إلى  
أغلاية قوى الجاذبية.

صفحة من  
يوميات هرشل



مع توسع الامبراطوريات  
الأوروبية انطلقت مشاريع  
واسعة المدى لرسم الخرائط  
والمسحقات الجغرافية  
وقياسات العالم من حولنا.

تاريخ جبال الكون



١٨٣٠

الجيولوجي البريطاني، تشارلز لايل  
يرتد أن الأرض تخضع لتغيرات  
تدريجية منذ قديم  
طويلة.



١٨٩٦

الفيزيائي الفرنسي، هنري بيكريل،  
يكتشف النشاط الإشعاعي الذي  
يجعل قياس عمر الأحافير  
ممكنًا.

١٩٠٨

بناء تلسكوب  
جديد ضخم في قوسد جبل ويلسون  
بكاليفورنيا في الولايات المتحدة.

من حدى خلايا السنتن،  
تدهور القارات بعيدًا  
بعضها عن بعض.



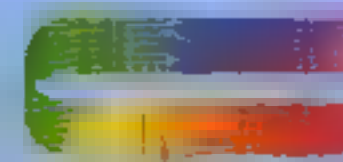
تزايدت ثقة  
العلماء بأن  
نظورهم للكون  
ومفاهيمهم عنه  
كاملة.

١٨٨٩-١٨٨٠

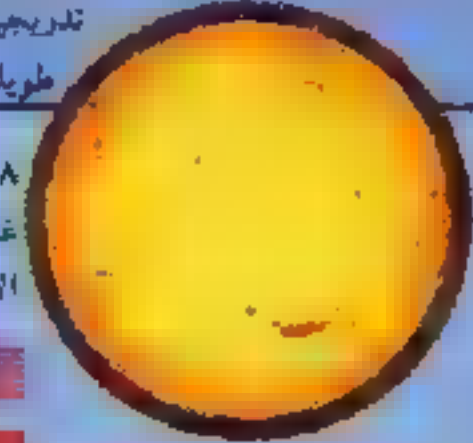
معظم العلماء يرتأون أن  
الصورة والكهرباء  
يتقلان غير وسيط غير منظور  
يحيط بالأرض هو الأثير.

١٨٦٨

غاز الهليوم، أحد أغنى عناصر  
الأرض، يكتشف في طيف الشمس.



ليبدأ خطوط فراونهور في طيف  
الشمس العناصر المتواجدة في حوزها.



١٩٣٥

بتواصل تنامي  
معرفة للكون  
باكتشاف بلوتو،  
ودراسة المجرات  
الأخرى.



بلوتو وقمره  
شارون.

التلسكوبات الراديوية  
تتمكن من مسح  
واسطلاح الكون البعيد.  
ويناقش العلماء نظريات  
حول حيوية الكون وحقيقته.



ساتل ينطلق بعيدًا في الفضاء



العلماء يطورون نظريات فلكية معقدة حول  
حيوية الكون في حادش مفرد فريد يسعونه  
الإنجاز العظيم.

التشوي بأحوال  
الفضاء يصبح  
بائع الدقة بمساعدة  
الحواسيب الفائقة  
والسواتل الدائرة حول  
الأرض.

الأمريكيون والروس  
يطلقون مركبات  
فضائية مأهولة لاستكشاف  
القمر ويصلون الشواطئ بعيدًا  
في الفضاء.



العلماء الأمريكيون والبريطانيون يجرون قياسات  
تؤكد النظريات الثورية حول الانجراف القاري  
والتكتونية اللوجية.



يستل العلماء الكون، كطاقة  
خسفة تتنقذ من نقطة صفيرة  
عشت فيها الإنجاز العظيم.

رجلة للفضة في مشروع بلوتو  
تنطلق من العربة القمرية  
مشاردة سطح القمر عام ١٩٦٩.



# تعرّف الكائنات الحية ودراستها

الناس في حضارات مصر القديمة يعتقدون بأن الآلهة الوثيفة الصلة بالنبات والحيوان تؤثر في حياتهم.

الفيلسوف اليوناني، أرسطو، يثبته على أهمية دراسة الحيوانات وتصنيفها.

الخياليون (الكيميائيون القدماء) يحاولون تحويل المواد العادية إلى ذهب، وتُخزى التجارب أيضاً على العلاجات الطبية.

مخطوطة من القرن الرابع عشر تُصور خيمبانيا أثناء القتل.

تأسست إلهة المصريين القديمة - قطة.

فصلت بين كيفية تصنيف الحادون الروماني (هيلينوس) (بومبايا) من ٣٠٠.

مع تيسر الأجهزة والآلات، يتم فحص البنية المجهرية لأنواع عديدة من النبات والحيوان بتفاصيل أدق.

عالم النبات السويدي، كارل لينوس، يتبع النظام السائد حالياً لتصنيف النباتات والحيوانات مستخدماً التسمية الثنائية باللاتينية.

عالم الطبيعة الفرنسي، جورج-لويس بونون (١٧٠٧-١٧٨٨) يقول باحتمال خضوع الكائنات الحية لتغيرات تدريجية بطيئة مُدَّ يد الخليفة.

الأحافير تيسر للعالم الإحاثي الفرنسي البارون جورج كوفييه براهنة أن الأنواع قد انقرضت وتُخلق.

نظرة عالم الأحياء الفرنسي، جان لامارك (١٧٤٤-١٨٢٩) بأن الحيوانات تتوارث الصفات البيئية المكتسبة من جيل إلى جيل. تظل نفس المولدين حتى فترة غير قصيرة من القرن العشرين.

بعد تجاربهم المجهرية التفصيلية يقدم علماء الأحياء الألمان نظريات جديدة حول تطور الأجنة.

المسام الخلوية

الباحثون الألمان يكتشفون أن الخلايا هي الوحدات الأساسية في بنية الأحياء النباتية والحيوانية.

الشعاعية التي تعيش في المواطن الطبيعية المتناقلة، في مختلف أنحاء العالم، متشابهة في الغالب لأنها مكتلة للعيش في ظلمة بيئية متناقلة.

نتيجة لتجاربه العلمية الدقيقة، يبين الكيميائي الفرنسي، لويس باستير أن الاختصار تشبه كائنات مجهرية.

مناقض الترسوبات، الشبيهة بالصفور الدوري في جلد غلايغوس تظهر ثابتاً واضحة أسلاكها نوع الغذاء في بيئتها الشمسية.

١٨٥٩

عالم الطبيعة البريطاني، تشارلز داروين، ينشر كتابه البالغ الأثر في تاريخ الفكر الحديث أصل الأنواع، يدعم فيه نظريته حول التطور (النشوء والارتقاء).

النظريات الوراثية الحديثة تبدأ مع إعادة اكتشاف ما كان توارث إليه غريغور مندل (١٨٢٢-١٨٨٤) عن قوانين الوراثة في البصل.

علماء الكيمياء الحيوية يبتكرون الأهمية القصوى البالغة لمقادير ضئيلة من بعض الكيمائيات كالفيتامينات والهرمونات.

١٩٤٠ - ١٩٤٩

الرعاية الصحية تتحسن بشكل لافت مع بدء إنتاج المضادات الحيوية بالجملة.

يتنامى علم البيولوجية الجزيئية الجديد بينما يتقن العلماء طبيعة الجينات والتناسل.

١٩٥٣ اكتشاف البنية

التركيبية للولبة للترتيب الكيميائي دن أ - المسؤل عن الوراثة، يحدث تغيرات جينية متيرة في علم الأحياء.

١٩٨٩ - ١٩٨٩ علماء انشيتات يدركون أن التلوث في بلادنا يسبب مطراً حامضياً في بلاد أخرى يفتقر مساحات شاسعة من التبت الطبيعي فيها.

الابخرة لشامة المنطقة في الجو تتزاوج مع بخار الماء في الهواء وتتساقط مطراً.

١٩٩٠-١٩٩٩ تقنيات جديدة في الهندسة الوراثية، مثيرة للجدل، تمكن العلماء من تصميم حيوانات خالية من الأمراض، وتوفير إنتاج أكبر من اللحوم.



# العلماء - كيف وماذا يعملون؟

مخبري يفحص الدم في مستشفى أو مستوصف إلى رياضي فيزيائي يدرس أصل الخليقة إلى عالم نبات يجمع عينات النبت النادرة إلى كيميائي يُطوّر نوعاً جديداً من مُنكّهات الطعام، كلّهم علماء ينشُدون بالعلم عالماً أفضل.

جراحون يجرون جراحة تجميلية



## مُتَبَاتُ الْعِلْمِ

العلماء يُعرّون عملهم لأنهم يجدون الرضا النفسي الذاتي فيه، ولأنّ التقدّم العلمي يُفيد المجتمع.

تجربة قنبلة نووية في صحراء نيبيادا، بالولايات المتحدة الأمريكية.



## إيجابيات العلم وسلبياته

يعتمد عالمنا الحديث على التكنولوجيات والكهرباء والسيارات واكتشافات واختراعات علمية أخرى لا تُحصى. فحياة الملايين من البشر أنقذت بفضل أدوية كالمسكن، أو تقنيات كقفاز الحديدي. غير أنّ بعض الناس يُحتمون العلم مسؤولية بعض الكوارث العالمية النطاق كالقنابل الذرية والثلوث وتربيق طبقة الأوزون.



مُتَبَاتُ شَخْصِيَّة

كثير من الناس يتخذون العلم مهمة لأنه يقدم لهم تحدياً شديداً فتحقق اكتشاف علمي نادر قد يحلّب معه الشهرة العالمية والثروة والجوائز الشهيرة كجائزة نوبل.

الفرد نوبل (١٨٣٣-١٨٩٦)

تسبب نووية في سلامبيد، باكستان

## المسؤولية الأدبية

على السياسيين والاقتصاديين والعلماء والمُخططين الاجتماعيين أن يُقرّروا ما إذا كانت بعض التجارب كإثارة انفجاعات في مُفاعل نووي أو محاولة تضخيم خلل وراثي في طفل ستمود على المجتمع بالنفع أو الضرر.

## أين يعمل العلماء؟

نُصوّر ونصوّر عادة أنّ العلماء يعملون في مختبرات، لكنّ الكثير من الدراسات العلمية ينبغي إجراؤها خارج المختبرات. فعلم البيئة (دراسة النباتات والحيوانات في بيئتها الطبيعية)، وعلم الأرصاد الجوية (دراسة الطقس)، والبستنة (علم تطوير وتحسين المحاصيل الزراعية) كلّها مجالات علمية تتطلّب تجارب على الطبيعة خارج المختبرات.



تقيس هذه العائلة سرعة الفخيل الضوئي في حقله لإنتاج الزيت من بزر السلحاح.

عالمٌ يجري تجارب في الهندسة الوراثية.

## الحواسيب

كثيراً ما تستخدم التجارب العلمية الحواسيب لإجراء الحسابات الرياضية الطويلة المُعقّدة بسرعة ودقة. ويمتدور هذه الحواسيب أيضاً تخزين وتنظيم مجموعات ضخمة من الحقائق والمعلومات.



العلماء أناس من مختلف المشارب ومناحي الحياة، رجالاً ونساءً، همّهم إدراك الحقيقة والمعرفة المنظمة حول مواضيع معينة بمنهجية علمية مُقرّرة تؤدي إلى فهم أفضل لحقائق الكون وقوانينه وإيجاد طرائق وأساليب لتحسين العيش فيه. فمن يقني

## العلماء - من هم؟

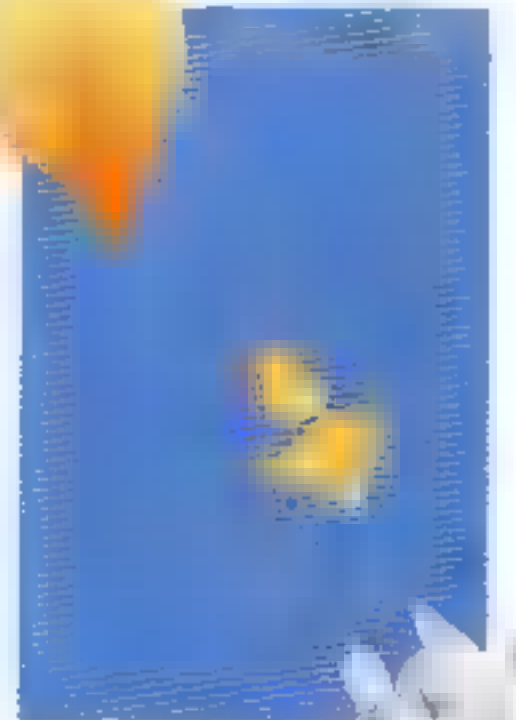
العلماء المعاصرون رجال ونساء محترفون اختصاصيون، يستهدفون بأعمالهم تقضي الكون من حولهم، وابتداع طرق فاعلة جديدة لاستخدام موارده. قليل من العلماء يصبح من المشاهير إثر اكتشافات باهرة فذة؛ ولكن الملايين منهم، يعملهم الدؤوب الدقيق والمُنضبط، يُسهمون بتقديم المعرفة العلمية وتحسين نوعية الحياة.



لويس باستير (١٨٢٣-١٨٩٥) تكتشف لقاح لداء الكلب.

## فريقُ البحوث

الاختبارات العلمية الحديثة بالغة التعقيد، لذا تجذ مجموعة الباحثين يعملون كفريق. كلّ عضو منهم يُسهم بمعارفه ومهاراته الخاصة لإنجاح العمل. بعض العلماء يُنظّمون عمل الفريق ويراقبون أجهزة الاختبارات.



## الأجهزة والمُعَدّات العلمية

تحمّل المناطق المملوءة بالهليوم أجهزة القياس إلى الجو لجمع المعلومات عن درجات الحرارة والضغط وسرعة الرياح على ارتفاعات مختلفة.





## الاختبارات العلمية

إجراء التجارب أساسي وضروري لازدهار العلم. فاختبارهم نتائج تغيير بسيط في العالم الطبيعي. يستطيع العلماء الحصول على معلومات وأفكار عن أسرار الطبيعة. واختبارهم النظريات المختلفة ومقارنتها، يستطيعون اختيار أفضلها لتعليل أحداث الكون من حولهم وتطوير مفاهيم وكيمائيات وتقنيات جديدة فعالة.

### الملاحظة

بعض الاكتشافات المهمة - كاختراع البطاريات الكهربائية الذي بدأ في القرن الثامن عشر بتجاربه على الصفاد - هي نتيجة لملاحظات العلماء حول حدث غير عادي وإدراكهم لأهميته ودلالته.

لحقاء الضوء.

المثبت من أحد النجوم بفعل جاذبية الشمس.



اليساندرو فولتا وبنطاريته البدائية، ١٧٩٩.

### التجارب

لا سبيل للتأكد من صحة الأفكار الجديدة وصدق فاعليتها إلا بالتجربة. فقد أثبتت نظرية النسبية لألبرت أينشتاين خلال كسوف الشمس لرؤية ما إذا كان الضوء من نجم بعيد ينحني، كما تقول النظرية - فكان أن انحنى فعلاً. كذلك جرب نوبس باستر لفاح ذاه الكلب على صبي كان عضه كلب. كما يصمم العلماء أيضاً تجارب لبيان أي من نظريتين متنافستين أفضل لتفسير ظاهرة طبيعية معينة.



### تجميع المعلومات

بغاية دقة بالنتائج، يقوم العلماء بتجميع المعلومات التفصيلية عن كل شيء في العالم من حولهم ويتبادلونها. فالنظريات العلمية تعتمد على تفسير وتعليل هذه المجموعة الهائلة من الملاحظات. وقد أسهمت المنظومات الحاسوبية في جعل تجميع هذه المعلومات وتحليلها أكثر فعالية.



### التقصي والاستكشاف

شواك أكانوا يتقصون تأثيرات عقار جديد، أم البنية الباطنية للذرة، أم حياة دلفين، أم طبيعة الشمس، فالعلماء يجرون التجارب لاستقصاء طبيعة الأشياء.

### البرهنة العملية

قد تكون الاختبارات مفيدة في إقناع الناس بصحة إحدى النظريات العلمية. ففي تجربة خطيرة مشهورة طمعت لبرهنة أن الفريغ البرقي هو شكل من الكهرباء، فطر بنجامين فرانكلين (١٧٠٦-١٧٩٠) طائرة ورقية أثناء عاصفة زلزالية ليختبئ الكهرباء من الخوف.



## التقنيات والأساليب العلمية

تتخذ جميع الأعمال العلمية بطرق مُنسقة ومنهجية. وقد طوّر العلماء أساليب متنوعة لمعالجة أساطير المعلومات المختلفة.

### التصنيف

يصنف العلماء الأشياء لأبرز عنصر النظامية في الطبيعة. فقد نظمت النباتات والحيوانات في أجناس وفصائل. وفي مجال الكيمياء، بُرئت الجدول الدوري للعناصر في مجموعات دورية تُبين العلاقات فيما بينها.

### القياس

للقياسات الدقيقة دور حاسم في مجالات العلم والهندسة الحديثة. لذا كان على العلماء إيجاد الوسائل والطرق لقياس المسافات الهائلة المعظم، كاتني بين النجوم، بالعناية والدقة إياهما الفئتين بقيوم بهما حجم الخلايا البيولوجية والأبعاد المتناهية الصغر للجزيئات والمجزيئات.

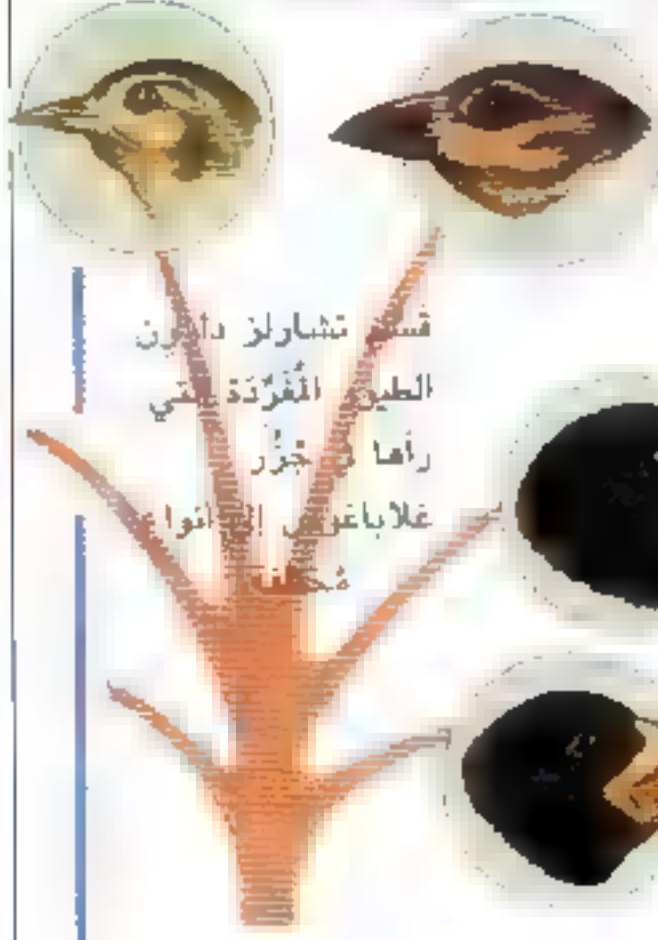


الساتل روبوتات

مفيدة التركيب تُطلق في الفضاء.

### المعدات

الأجهزة المتطورة تُمكن العلماء من معالجة دواخل الذرات المتناهية الصغر كما المجزئات المتناهية البعد، ومن اكتشاف خفايا الطبيعة الخفية وأسرارها.



فستشارلز داروين الطيور المُفرّقة لبقى رأها في جزر غالاباغوس التي أنوع مُحطفة

يستخدم الميكروسكوب الإلكتروني في دراسة الخلايا الجهرية.



## النماذج والنظريات

كما تُستخدم الكرات الجغرافية كنماذج مُصغرة للأرض، هكذا يُطوّر العلماء النظريات، ويضعون القوانين الطبيعية، ويرسمون النماذج الرياضية لبيان نظام الكون وتعليله.

### النظريات

يستهدف العلماء في ما يضعونه من نظريات ليس فقط لتعليل المعلومات المجمعة بنجاح، بل شرح علاقة الأحداث المختلفة بعضها مع بعض والتنبؤ بنتائج اختبارات وأحداث مُستقبلية.

### النماذج الرياضية

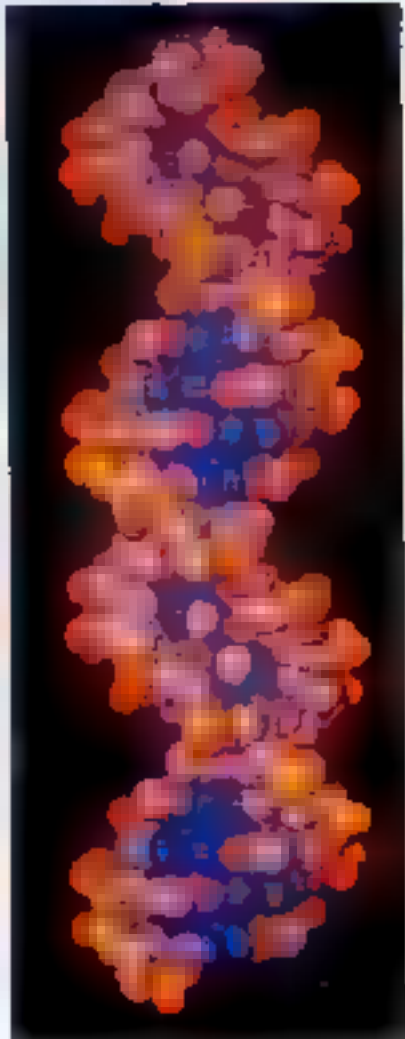
قانون الجاذبية الشهير لاسحق نيوتن هو نموذج رياضي يُعَلِّل نمائك الكون بعضه مع بعض.



إسحق نيوتن (١٦٤٣-١٧٢٧)

### النماذج الطبيعية

رسم نموذج حاسوبي يُبين البنية المزدوجة اللولبية لجزيء د ن أ. المؤلف المزدوج هو نموذج طبيعي لبنية جزيء د ن أ، المركب الكيماوي المسؤول عن خفايا الوراثة.





# إشارات ورؤوس السلامة

نصادف في حياتنا اليومية أشياء ومواد خطيرة أو سامة، لكن ليس من السهل دومًا التنبيه إليها. فللمساعدة في التعرف على أمثال هذه المواد وتجنب أخطارها، وُضعت رؤوس وإشارات السلامة. وتتألف هذه من صور وكلمات تحذيرية تنبه إلى مكامن الخطر. وإنه لمن الضروري لك التعرف هذه الإشارات والرموز والتقيد بمضامينها من أجل المحافظة على صحتك وسلامتك.

## في المختبر المدرسي

العناية الفائقة والإنشاء الشديد ضروريان عند إجراء أية تجربة في المختبر، فبعض الكيماويات سامة، وإحماؤها بعضها الآخر، فوق حاروق «بزن»، قد يكون خطرًا إذا لم تُراعَ الإجراءات الصحيحة. كما إن العديد من المواد المخبرية ذو رائحة حادة نفاذة، قد تسبب أضرارًا غير حميدة إذا ما استنشقت.

ضع نظارات واقية دوماً، واحترس من الثياب الفضفاضة. (وللغيتات، اشكبي شفرتك الطويل إلى الورا).



ضع نظارات



كيمياءات خطرة



خطر بيولوجي



مواد سامة



اللبس نظافة واقية



اللبس كمامة

## في البيت

العديد من المنظفات المستخدمة في المنازل يحمل تنبيهات ورؤوساً تحذر من سُميتها إذا ابتلعت أو استنشقت أو تركت تلامس الجلد فترة طويلة. عليك دومًا أن تغسل يديك بعد استخدام المواد الكيماوية، ولعلك من الضروري أحيانًا ارتداء لباس واقٍ.



كيمياءات خطرة

إشترشد دوماً

برأي من هو أكبر منك

سناً قبل استعمال أي مادة في البيت.

إن الموانع المنظفة بخاضة قد

تكون شديدة السُمية.



خطر القبار



## في الشارع

وأنت تسير في الشارع، انتبه إلى رموز وإشارات السلامة. إن مواقع الإنشآت ومنحطات المحروقات بخاضة قد تكون خطيرة. رؤوس وإشارات السلامة تساعدك في تجنب المخاطر.



منوع التدخين



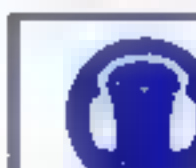
سائل لهوب



ضع قناع الفحم



خطر الإشعاع



ضع واقني الأذنين

يُحظر القانون على المشاة عبور بعض الطرقات المخصصة للسيارات العالية.



اللبس حذاء عالي



منوع المشاة



خطر الانفجار



# المادة

كُلُّ ما يخطرُ ببالك يتألفُ من المادة - إن كان الكتاب الذي تقرأه، أو الكرسي الذي تجلسُ عليه، أو الماء الذي تشربه. غير أن المادة ليست فقط تلك الأشياء التي تستطيع لمسها، فهي أيضًا تشملُ الهواء الذي تستنشق والكواكب والنجوم في فضاء الكون الرحيب، كما كُـلُّ الكائنات من حيوان ونبات وجماد. تتألفُ المادة بمُختلف أنواعها وأشكالها من جُسيمات دقيقة تُدعى ذرات؛ وهذه تتألف بدورها من جُسيمات دون الذرية أصغر بكثير من الذرات. علّم الكيمياء يدرُس تركيب المادة، وكيفية ترابط الذرات بعضها مع بعض لِتُكوّن المواد المختلفة.



## تكوين المادة

يعتقد معظم العلماء أن كُـلَّ مادة الكون تكوّنت بانفجار هو الانفجار العظيم (إلى اليمين)، غيّت حرارة وطاقة عظيمة جدًا. وبعد نوانٍ معدودات تحوّلت بعض خِزم الطاقة إلى جُسيمات دقيقة، ثم تحوّلت الجُسيمات الدقيقة إلى ذرات. تُولفُ الكون الذي نعيش فيه.



## المادة الحية

الأرض هي موطن الكثير من الكائنات الحية من نباتات وحيوانات على اختلاف أنواعها. ورغم أن الفراشة، مثلاً، تبدو مختلفة جدًا عن الصخر، فإن كليهما يتألف من ذرات، لكن هذه الذرات ترتبط بشكل مختلف لِتُكوّن الشيء الآخر.



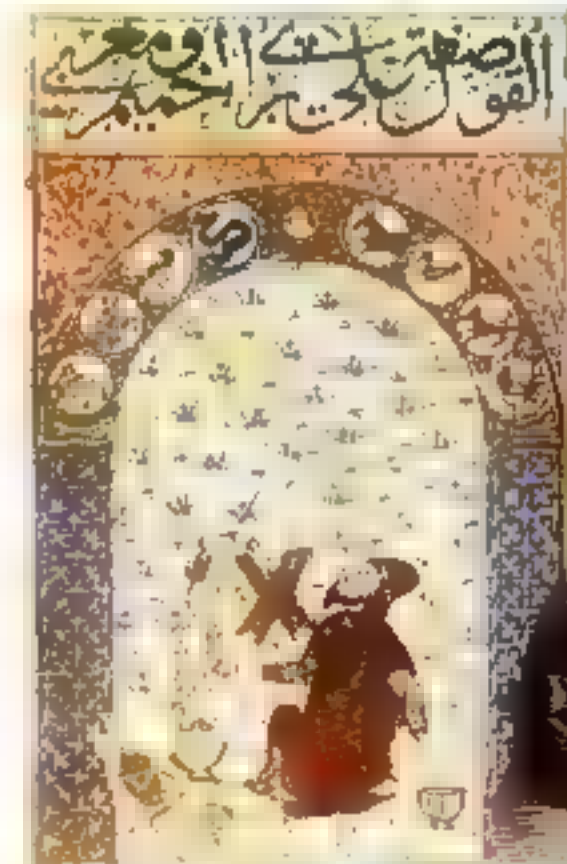
## المادة الجماد

معظم المواد في الكون جمادًا، لا نبات ولا حيوان، أي إنها لا تنمو ولا تتوالد ولا تتحرك ذاتيًا. والمصخور، مُكوّن الأرض التي نعيش عليها، هي من الجماد.

## أصول علم الكيمياء

منذ مئات السنين، وقيل أن يتعرّف أحد الذرات، كان الكيميائيون، الكيماويون القدماء، يقومون ببعض التجارب لِتعرّف ماهية المواد وتراكيبها. وقد حاولوا عبثًا تحويل بعض الفلزّات الخسيسة كالرصاص إلى ذهب، كما بحثوا، وعبثًا أيضًا، عن إكسير الحياة، الدواء الذي في رُغمهم، يُكسبُ الإنسان شبابًا دائمًا. وكان من بين الكيميائيين كثير من النساء، كما يشهد بذلك الاسم اللاتيني للكيمياء «أوپس فليبروم» الذي ترجمته «شغلُ النساء».

هذه صفحة من مخطوطة عربية من القرن الرابع عشر.



كيميائيون في أثناء العمل.

## جُسيمات المادة

يستخدم العلماء حُجرة المُقاعَات لِتعيين أنواع الجُسيمات دون الذرية. حُجرة المُقاعَات تحوي هيدروجينًا ساخنًا على درجة حرارة تقارب درجة غليانه.

فالجُسيمات المارّة عبر الهيدروجين السائل تسبّب غليانه تاركَةً في إثرها رُتلًا من الفقاعات.

ومع أن الجُسيمات نفسها لا تُرى، فالمسالك الفقاعية التي تتركها وراءها يمكن رؤيتها بيسر؛ وهي مختلفة النمط لِكُلِّ نوع من الجُسيمات.



مُؤسس

## علم الكيمياء

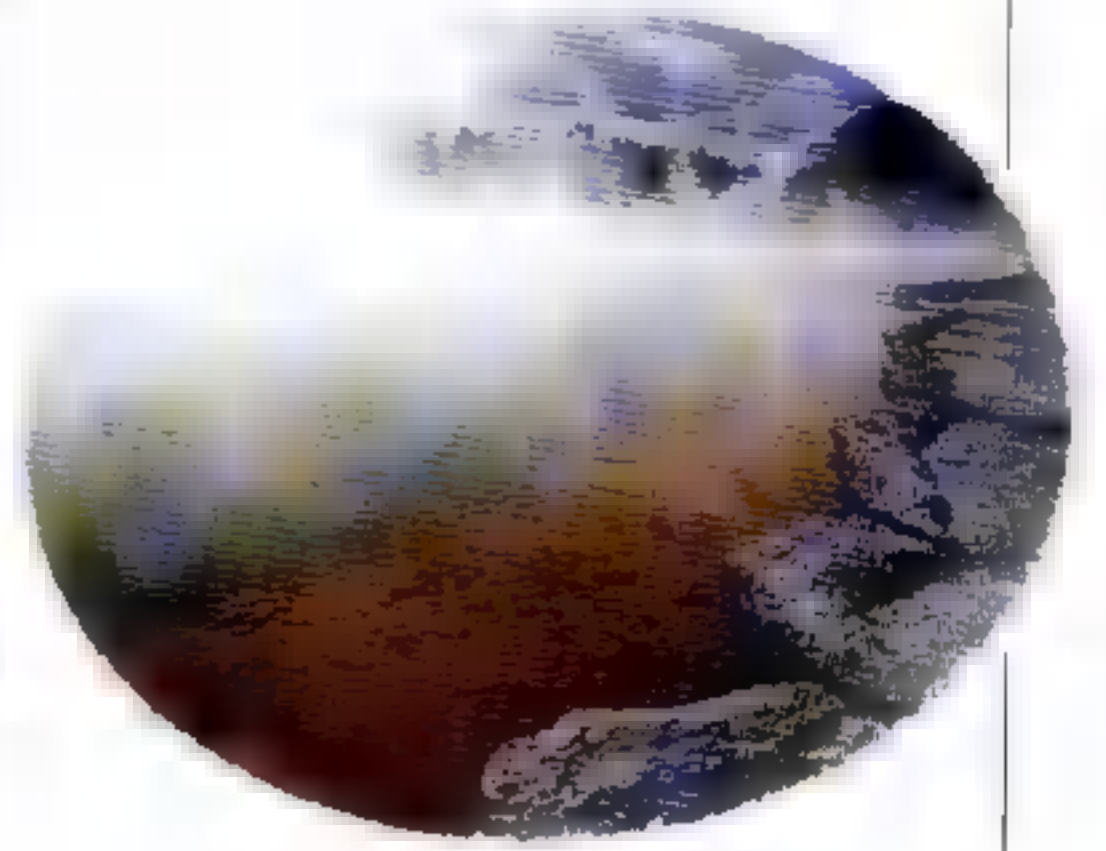
يُعتبر الكيميائي الفرنسي، أنطوان لافوازييه (1743-1794) مؤسس الكيمياء الحديثة. فقد بيّن لافوازييه باختباره الدفينة أن المواد المُحتَرقة أثقل وزنًا منها قبل الاحتراق (وأن هذه الزيادة يمكن إلّاها باختزال المادة بالهضم النباتي)، واستنتج أن ذلك عائد إلى اكتساب المادة المُحتَرقة غازًا من الهواء (تُطلقه عند اختزالها) أسماء الأكسجين. وقد عملت ماري لافوازييه (1758-1836) على ترجمة أعمال زوجها، وقامت بحملات منظمّة لِترويجها.





# حالات المادة

الجبال والبحار والهواء الذي يكتنفها تمثل الحالات الطبيعية الثلاث للمادة. فالجبل يتألف من صخر جامد، والبحيرة تتألف من سائل هو الماء، والهواء الذي نستنشق غازي القوام. معظم الجوامد صلبة ذات شكل وحجم محددين - رغم أن بعضها كالمطاط ذو شكل يمكن تغييره. والسوائل ذات حجم محدد أيضا، لكن لا شكل ثابت لها وهي سيالة. أما الغازات فليس لها حجم ولا شكل محددين، وهي أيضا سيالة، ومعظمها عديم اللون لا يرى. وتدعى السوائل والغازات مجتمعة بالموائع لأنها تسيل أو تنساب. ويختلف سلوك الحالات الثلاث للمادة لأن جسيماتها تتحرك بأشكال مختلفة.



## الحالات الثلاث

الضوء أغلاء للينابيع الحارة في ويوتا، بنوزيلندا، تُبين الحالات الثلاث للمادة في موقع واحد. فالصخر جامد، والماء سائل، والبخار المتصاعد غاز.

## السوائل

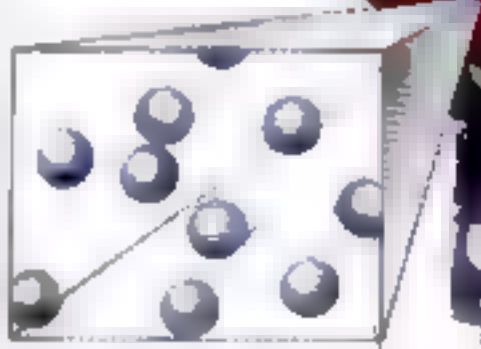
عندما تصب شرابا في كوب، فالسائل يتخذ شكل الكوب مهما كان. أما إذا اندلق السائل فإن شكله يتغير. وإذا صببت السائل في وعاء آخر، فيستغير شكل السائل أيضا، لكن حجمه يبقى ثابتا.

## الغازات

تتشر الغازات لتملا الحيز الذي تتواجد فيه لأن جسيماتها سريعة الحركة. لذا فالغاز ليس له حجم أو شكل معين بل هو يتخذ شكل الوعاء المتواجد فيه. فهذا البالون، البتياني الشكل مثلا، ممتلأ بغاز الهليوم. والأشياء تمرر عبر الغاز بسهولة لأن جسيماته بعيدة بعضها عن بعض. ألسنا نمشي عبر الهواء دون أن نشعر بشيء؟

## الجوامد

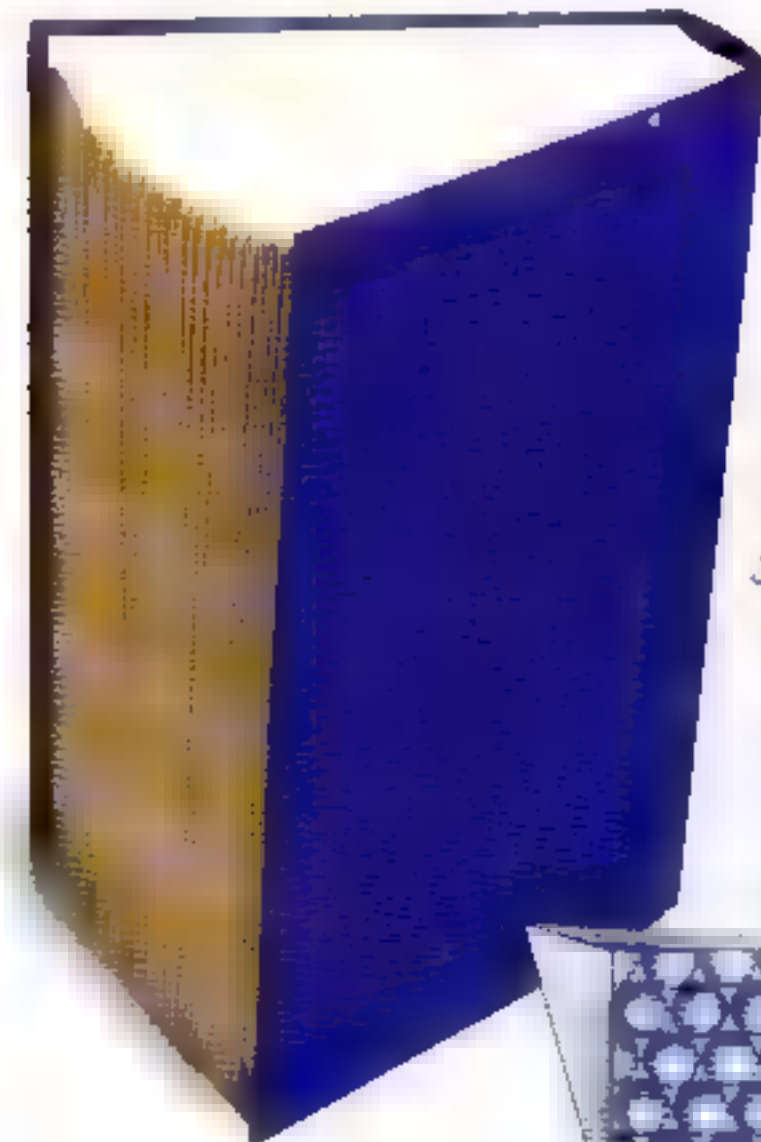
الجوامد، كالكتب مثلا، لها شكل معين؛ وليس من السهولة تغيير ذلك الشكل، لأن جسيمات الجسم الجامد مترابطة بعضها مع بعض بروابط قوية تجعل بنية الجوامد بنية صلبة.



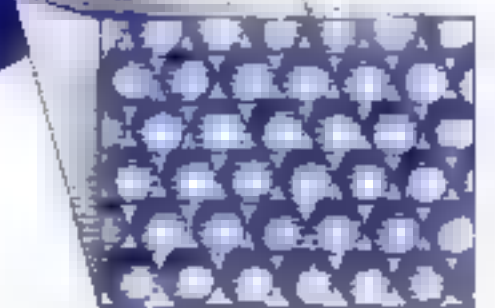
جسيمات الغازات متباعدة جدا وتتحرك بسرعة كبيرة، أما تأثير بعضها على البعض الآخر فضعيف جدا.



جسيمات السوائل تتجاوب فيما بينها وتتلاصق معا في حزم تنزلق بعضها فوق بعض وتتحرك بطرية.

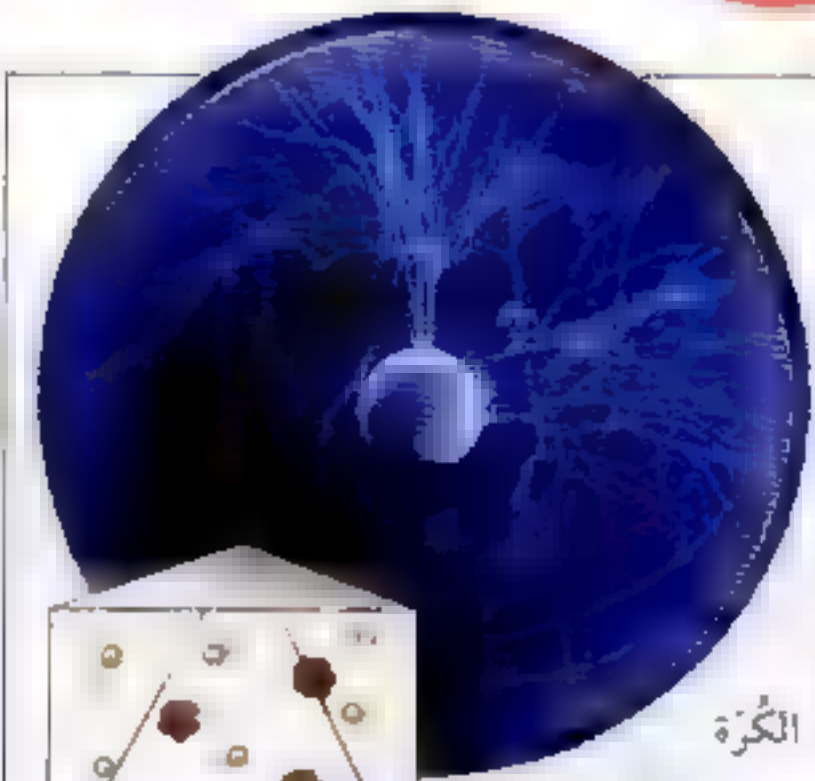


جسيمات الجوامد مترابطة معا وهي تتجاوب فيما بينها بقوة كبيرة تمنعها من التحرك بطرية. فجسيمات الجوامد تهتز (تذبذب) في مواقعها فقط.



## البلازما

هنالك حالة رابعة للمادة تدعى البلازما، لكنها غالبا لا نشاهد. فهي تتواجد فقط على درجات الحرارة العالية جدا داخل الشمس والنجوم الأخرى، أو فوق الأرض على ضغوط خفيفة. تتألف البلازما من ذرات مُشطرة بفعل الحرارة أو الكهربائية الهائلة الشدة. تحوي الكرة، في الصورة المقابلة، إلكترونات مركزيا محاطا بالبلازما. فإذا لمسنا سطحها، تفتت ومضات من مركز الكرة إلى بلدك، منتقلة عبر مسالك في البلازما تكونها الذرات المُشطرة.



الجسيمات الناتجة عن الذرات المُشطرة تدعى أيونات والإلكترونات.





## حالات المادة في خدمتنا

الجوامد والسوائل والغازات حوالينا في كل شيء. وتخدمنا في عدة مجالات. في دراجتك، مثلاً، ترى حالات المادة الثلاث تعمل متكاملة بانسجام. فالعديد من أجزاء الدراجة مصنوع من الجوامد، حتى مقاطع عجلتها - رغم أنه قرون يتغير شكله على مقطبات الطريق - والهواء المضغوط يملأ العجلتين؛ والزيت سائل لا بد منه على سبيل الدراجة وأجزائها المتحركة كافة.

## الجوامد في خدمتنا

هيكل الدراجة جاس صلب، وإطارا العجلتين وبرامقهما صلبة متينة. فجسود الهيكل أساسي لبنية الدراجة وتماسكها. وفولاذ الإطارين والبرامق الصلب يحفظ دقة استدارة العجلتين؛ وهذه الدقة ضرورية ومطلوبة لسلامة وسلامة الدروج.

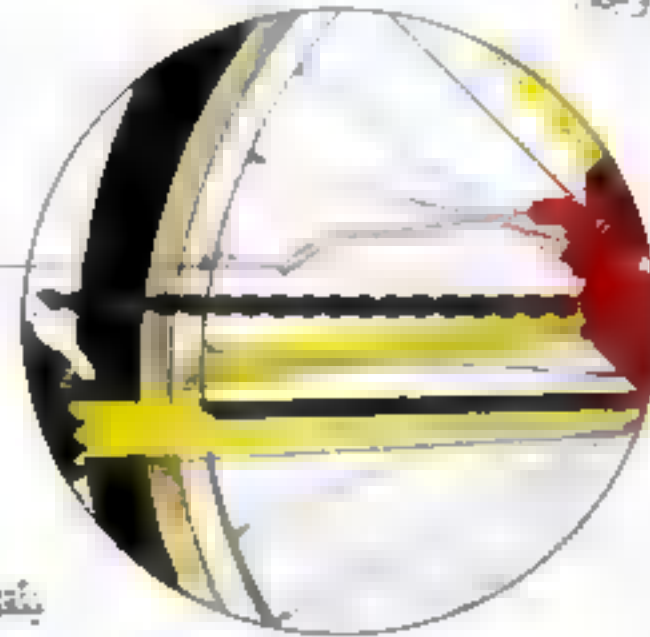


## السوائل في خدمتنا

السوائل كلها سائلة، وبعضها أكثر سيولة من البعض الآخر. لزوجة السائل مقياس يحدد سرعة أو بطء سيولته. فالماء ينساب بسهولة لأنه قليل اللزوجة، أما الزيوت فتتساب ببطء لأنها أشد لزوجة. ونستخدم السوائل اللزجة، كالزيت، بين الأجزاء المعدنية المتحركة لتقليل الاحتكاك فيما بينها، ويعرف هذا بالتزيق.

يمكنك  
تقليل حجم الغاز بحشره  
في حيز أصغر. كما يمكنك حشر  
كثبات متزايدة من الغاز في الحيز نفسه،  
وهو ما يحدث عندما تنفخ عجلة الدراجة.

الزيت على سبيل  
الدراجة يزلق الأجزاء  
المتحركة ويقيها من الجرد  
الصريع بالثحات.



## الغازات في خدمتنا

بخلاف الجوامد والسوائل، فالغازات لا حجم ثابت لها، أي إنك تستطيع ضغط الغاز أو تقليل حجمه. والغازات ضغوطة (تنضغط) لتؤجد فراغات جمة بين جسيماتها. فإذا مر دولاب دراجة فوق مطب أو ارتطم بجسم صلب، ينضغط الهواء داخله فتتخذ زجة الصدمة، ويخف إحساس راكب الدراجة بها.

تشد لنا المكبح  
عن جانبي قرص  
الدولاب بضغط  
الشامل.

يتقل الكباس  
الضغط من دغسة  
المكبح.

تضغط دغسة  
المكبح.

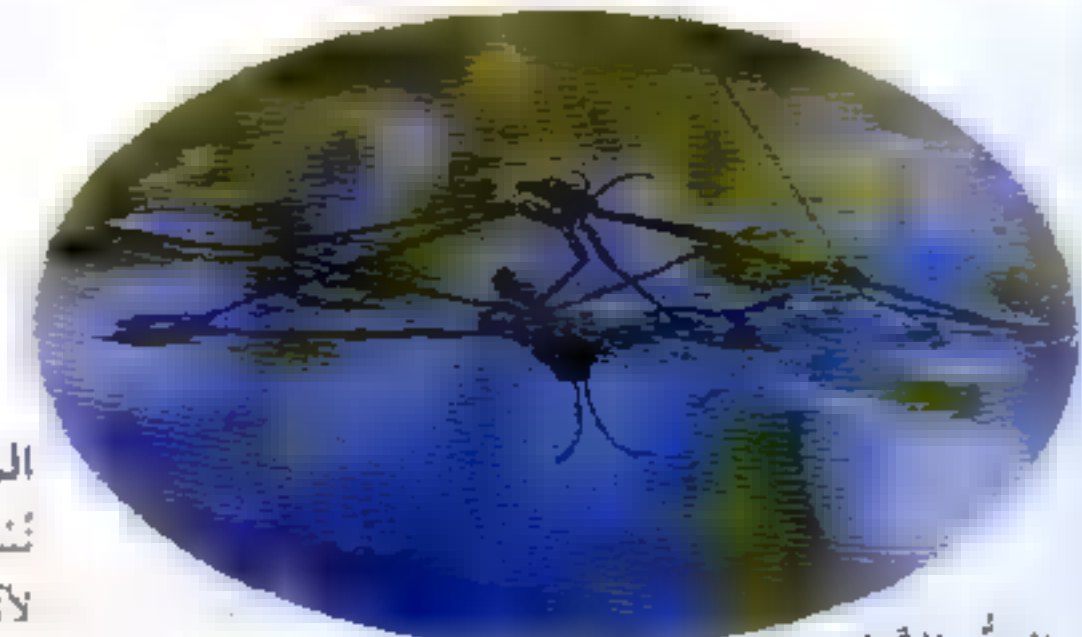
يشري الضغط عبر  
سائل المكبح.

## المكايح الهيدروليكية

نستخدم السوائل في المكايح القديمة في السيارات لأنها لا تنضغط بسهولة. أي إنك إذا ضغطت السائل، فالقوة المبذولة تنقل - مئة غيرة - عندما يضغط السائق دغسة المكبح، يتقل الضغط عبر الكباس إلى الشامل في أنابيب المكبح. وهذا يجعل التينات تقبض قرص الدولاب بشدة، فتوقف الدواليب على الفور. ويعرف ضغط السائل هذا بالضغط الهيدروليكي.



الطياريات حشرات خفيفة جداً تسير فوق الماء بفعل التوتر السطحي - محدثة باقدامها نقراً صغيرة على السطح فقط.



## التوتر السطحي

تجاذب جسيمات الماء فيما بينها - فيشد بعضها نحو بعضها الآخر بالتساوي في جميع الاتجاهات. غير أن الشد على جسيمات السطح بالاتجاه السفلي الرشد إذ لا وجود لجسيمات ماء فوقها. نشد في الاتجاه المعاكس فيبدو السطح التوتر كشاء رقيق مفلوط. وهذا يمكن سطح الماء من حمل الحشرات الخفيفة الشائرة فوقه.

## لمزيد من المعلومات انظر

- تغيرات الحالة ص ٢٠
- خصائص المادة ص ٢٢
- الترابط الكيميائي ص ٢٨
- النظرية الحركية ص ٥٠
- سلوك الغازات ص ٥١
- القوى في الموائع ص ١٢٨
- الشمس ص ٢٨٤



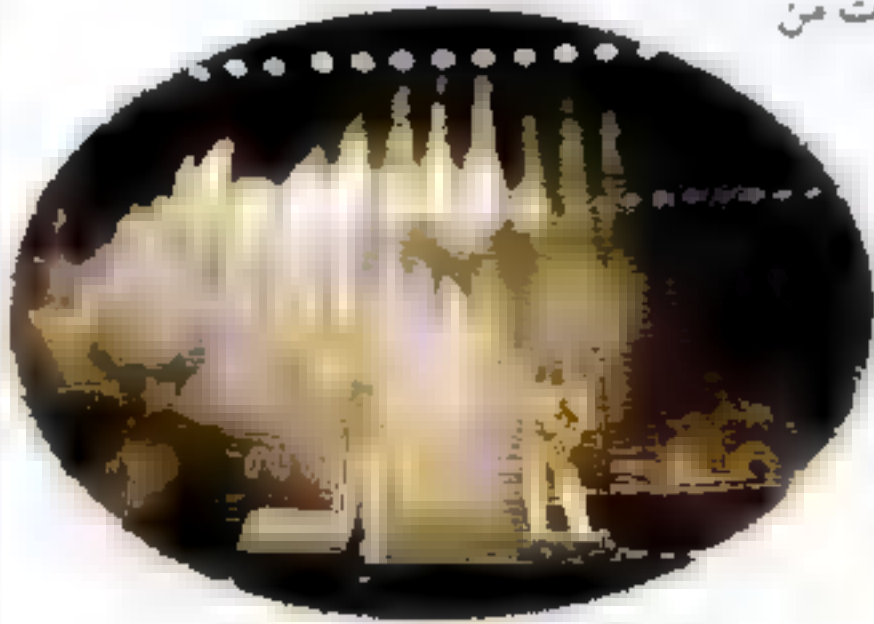
# تَغْيِرات الحالة



إذا ثَقَلُ زيتاً ساخناً بملعقة لدائنية فإن الملعقة تنصهر. فاللدائن جامدة على درجة الحرارة والضغط العاديين. لكن بتغير الظروف تتغير حالتها كسائر الجوامد. كذلك إذا وضعت عصير البرتقال في المجمدة، وهو سائل في الظروف العادية، فإنه يجمد. وإذا زقرت على لوح زجاج بارد، فإن بخار الماء (الذي هو غاز عادة) في زفيرك سيتكثف إلى قطرات من السائل. وإذا شعت الشمس على تلك القطرات، فإن حرارة أشعتها تعيد القطرات ثانية إلى غاز يتبخر في الهواء مجدداً. والواقع أنه حتى أصلب الصخور تنصهر على درجات الحرارة والضغط العالية جداً المتواجدة تحت القشرة الأرضية. إن معظم المواد التي نعرفها تتحول من حالة إلى حالة أخرى عند تغيير درجة الحرارة والضغط بقدر معين.

## من جامد إلى غاز

إذا أخفيت جامداً حتى درجة الانصهار، فإنه يتحول إلى سائل. وإذا تابقت الاحماء فإن السائل يبلغ درجة يبدأ عندها بالتحول إلى غاز، وهذه هي درجة الغليان. على هذه الدرجة، تكسب جسيمات السائل من الاحماء المسنير، طاقة كافية ليتحرر بعضها من بعض، فتتكون في السائل فقاعات من الغاز. لكن نذكر أن السوائل تتحول دوماً إلى غاز ببطء حتى على درجات حرارة دون درجة الغليان، وهذا يدعى التبخر.



## التجميد

أحياناً يتحول الجامد إلى غاز مباشرة، وهذا يُعرف بالتصعيد. الجليد الجاف يتصعد مباشرة إلى غاز، لذا يُستخدم على خشبة المسرح لتوليد سحب مستغرية مثيرة. إن الجليد الجاف هو في الحقيقة ثاني أكسيد الكربون المتجمد؛ ويدعى الجاف لأنه يتحول إلى غاز مباشرة متجاوزاً حالة السائلة.

## الغاز

تتسارع جسيمات الجامد بالقدر الكافي لتفقد فتتحول إلى غاز. أو تتناقص سرعة جسيمات الغاز لتتحول إلى جامد.

تتنبذ جسيمات الجامد بسرعة أكثر فينسحب بعضها فوق بعض لتتكون السائل. أو تتناقص سرعة حزم الجسيمات في السائل فتتحول إلى جامد.

## التكثف

تتجمع قطرات من الماء على كوب زجاجي بارد لأن جسيمات بخار الماء في الهواء المناس للكون تتحول إلى ماء. الزجاج البارد يترفع طاقة من الجسيمات فيحولها إلى سائل.

## التبخر

يجف الجير السائل لأن الماء فيه يتحول إلى بخار ويتصاعد في الهواء. ويتم هذا لأن بعض جسيمات الماء تكسب ما يكفي من الطاقة للإفلات فتتحول إلى غاز.

## السائل

## الجامد

## التجمد

يتجمد الشمع المتصهر من شمعة مضاءة بسرعة. وذلك لأن الجسيمات، التي تسارعت وسالت بخرارة اللهب، تتناقص سرعتها مجدداً عند زوال الحرارة فتراص فيما بينها. وعندما تقل سرعتها بقدر كاف، تثبت في مواقعها وتجمد.



## الانصهار

جسيمات الجامد متراصة متراصة معاً بقوة؛ لكنها عند الإحماء تزايد ذبذبتها أكثر فأكثر حتى تغلبت من مواقعها الثابتة وينساب بعضها فوق بعض فتتحول إلى سائل. مثل هذا يحدث عند انصهار قطعة من الشوكولاته.



## حالات الماء

الماء فريد في كثرة تواجده بالحالات الثلاث للمادة في حياتنا اليومية. فهو في حالة الجمود ثلج أو جليد، وفي حال السيولة ماء، وفي الحالة الغازية بخار. وخصائص الماء في حالاته الثلاث هذه مهمة لكل شيء على الأرض، فالنباتات والحيوانات، مثلاً، تحتاج الماء باستمرار من أجل بقائها.



### بخار الماء

في درجات الحرارة المرتفعة يتبخر الماء بسرعة. ففي الغابات الاستوائية مثلاً - جنوب أمريكا - حيث المطر وفير غزير ودرجات الحرارة مرتفعة، التبخر سريع لا ينقطع؛ لذا فالهواء رطب جداً (مُشبع ببخار الماء). وهذا يُفسّر تواجد أنواع خاصة من النباتات، كالشجليات (الأوركيدات)، في هذه الأصقاع تأخذ حاجتها من الرطوبة مباشرة من الهواء، لا من التربة.

تنخفض درجة التجمد عند زيادة الضغط على الجليد بفعل وزن المترلج، فينضج الجليد تحت شفرة المترلجة.



### التغيرات بالضغط

يمكن بالضغط تحويل المادة من حالة إلى أخرى. فالترلج على الجليد ممكن لأن المترلجين تتلاقان على الجليد فوق طبقة رقيقة من الماء. إن ثقل المترلج المركّز على شفرة المترلجة يحدث ضغطاً عالياً جداً تحتها. وهذا الضغط يُسبب تسيل الجليد حال مرور (شفرة) المترلجة فوقه.

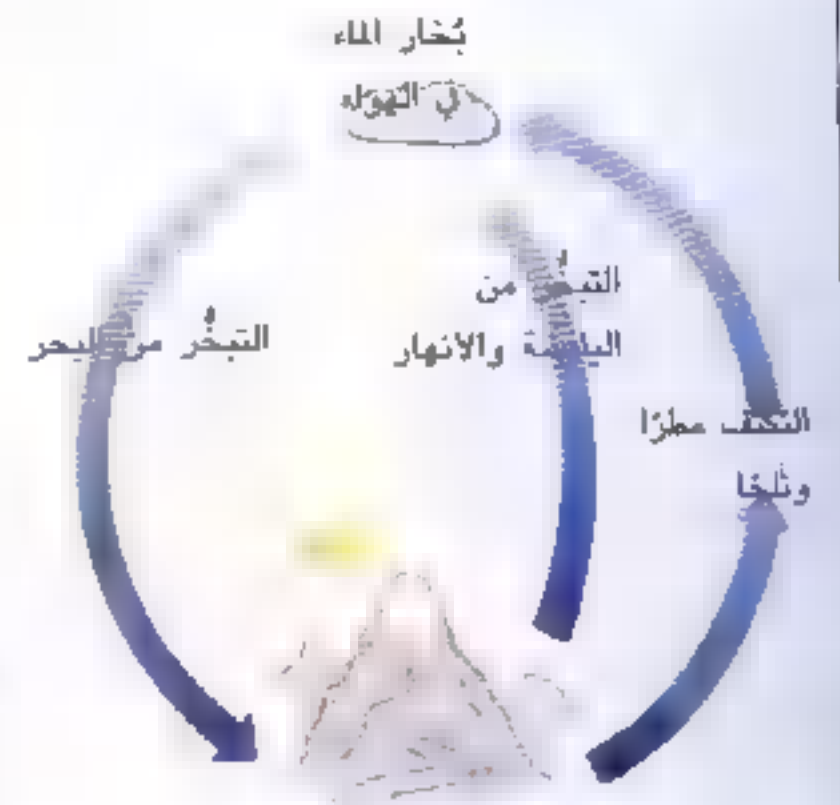
تضغط الشفرة على الجليد

ينصهر الجليد تحت الشفرة فتتزلق يمشي عليه.

يُعيد الجليد المكتنف تجلداً الماء خلف المترلجة.

### لمزيد من المعلومات انظر

- حالات المادة ص ١٨
- المحاليل ص ٦٠
- كيمياء الماء ص ٧٥
- الماء - معالجته وصناعاته ص ٨٣
- تكوين الأرض ص ٢١٠
- دورات في الغلاف الحيوي ص ٣٧٢



### دورة الماء في الطبيعة

الماء (السائل) يتبخر، والثلج (الجامد) يتصعد، في الهواء. وبخار الماء يتكثف إلى قطرات تتكون السحب في الجو، ثم تنقط القطرات عائدة إلى الأرض ممطرة أو ثلجاً - في دورة متوالية دون انقطاع بالغ الأهمية لكل شيء على الأرض.

يتبخر جلي البحر بخار الماء مع الزفير أثناء التنفس.

### القدرة البخارية

يتحول الماء عند الغليان إلى بخار، فيشغل حجراً أكبر من حجم السائل الذي تولد منه. ولما كان بخار الماء الساخن يزخر بالطاقة فإنه يُستخدم في تدوير المحركات الحرارية كالتربينات البخارية. يندفع بخار الماء عبر أرياش التربينات على درجة حرارة وضغط عاليتين جداً، فيدير دولابها.

يندفع البخار الساخن إلى داخل التربين تحت الضغط.

تدار أرياش التربين بطاقة

البخار؛ ويُستخدم هذا الدوران في توليد أنواع أخرى من الطاقة كالكهرباء.



### الجليد المتمدد

لعلك لاحظت (أو سمعت عن) تفجر أنابيب المياه في ظفر شديد البرودة. والسبب في ذلك أن الماء داخل الأنابيب يتمدد خلال عملية التجمد فيصجرها.





# خصائص المادة

يُصنَع الكثير من أواني المطبخ كالكَفِّ والغلايات ذوات المقابض من الفولاذ واللدائن - الجسم من الفولاذ والمقبض لدائني. والسبب البسيط هو أن الفولاذ مُوصِّلٌ جيّد للحرارة، فيُسمَحُ بانتقالها إلى الماء كي يغلي أو إلى الطعام كي يُنضَج. أما اللدائن الجيدة العزل، فتَمْنَعُ وصول الحرارة إلى أيدينا. فالعزل الجيّد أو المُوصِّلِيَّة الجيدة مثل على خاصة معيّنة من خصائص المادة. بعض هذه الخصائص، كالمُوصِّلِيَّة، يمكننا قياسه؛ أما بعضها الآخر، كالرائحة مثلاً، فبمقدورنا وصفه فقط. يقيسُ العلماءُ خصائص العديد من المواد المختلفة على درجة الحرارة والضغط العاديين كي يستطيعوا المقارنة فيما بينها بدقة.

باستطاعتك وصف  
البرقانة بتحديد لونها  
وشكلها، ولفسها  
ورائحتها ومذاقها.

## إدراك المادة بالجس

الناس في حياتهم اليومية لا يصفون الأشياء بالطريقة نفسها كما يفعل العلماء. فحين في الغالب نعلم على حواسنا أكثر من اعتمادنا على القياس بالأجهزة. لكن حواس البشر ليست متوافقة ولا متسجمة؛ كما إنها تعجز عن قياس شدة الرائحة المنبعثة من شيء، كما عن تحديد نوع مذاقه بدقة. وقد يدرك بعض الناس الأشياء بجسهم بشكل مختلف تماماً عن إدراك بعضهم الآخر لها.

## الوزن والكثافة والحجم

يمكنك قياس كمية الشيء بطريقتين: إما بواسطة حجمه أو بواسطة كتلته. فنحن مثلاً، نشترى البنزين بالحجم (باللتر أو بالغالون) - أي بكمية الخير الذي يشغله. ولكننا نشترى البطاطا بالكتلة (بالكيلوغرام أو بالزطل) - أي بكمية المادة في كيس البطاطا. إن حجم الشيء يمكن تغييره بالضغط أو بالحرارة، لكن كتلته تبقى ثابتة دون تغيير. أما وزن الجسم فهو مقدار القوة التي تشده بها جاذبية الأرض، ويتوقف مقدار هذه القوة على كتلة الجسم.

## المقاومة (المتانة)

تُعظم الفلزات متينة ضد الشدّ لذا تُستخدم في بناء الانشاءات الضخمة، كالجسر المعلق في الصورة المقابلة. يعلّق مبدئ الجسر بكتلات فولاذية متينة تُضمد أمام ثقل الجسر وما يقف فوقه. وتُصنَع الأعمدة التي تدعّمه من الخرسانة المسلحة التي تُضمد بقوةها ومقاومتها أمام كافة قوى الهزّز المؤثرة على الجسر.

يُستخدم المئيل (الهيدرومتر) لقياس كثافة السوائل. يُغمس المئيل في وعاء مليء بالسائل النقي، وتؤخذ قراءته بمساواة سطح السائل بسطح المئيل عاليًا في سائل كثيف ويغوص أكثر في سائل أقل كثافة.

### الكثافة

الحجم نفسه من مواد مختلفة كتل مختلفة، تبعًا لكثافتها. وكثافة جسم ما هي كتلة المستر المكعب منه بالمرامات. أحيانًا تُعطى كثافات المواد والسوائل والغازات كثافات مشروية إلى الماء (أي كثافات نسبية).

ثقل مكعب من الرصاص يساوي ثقل مكعب من الشحم بوقه حقيًا بـ ١٢ مرة، أو ثقل قطعة من خشب البلسا حطها أكبر ٢٦ مرة.

خشب البلسا: كثافته النسبية ٠,٢	شحم: كثافته النسبية ٠,٩	رصاص: كثافته النسبية ١١,٣
-----------------------------------	-------------------------	---------------------------

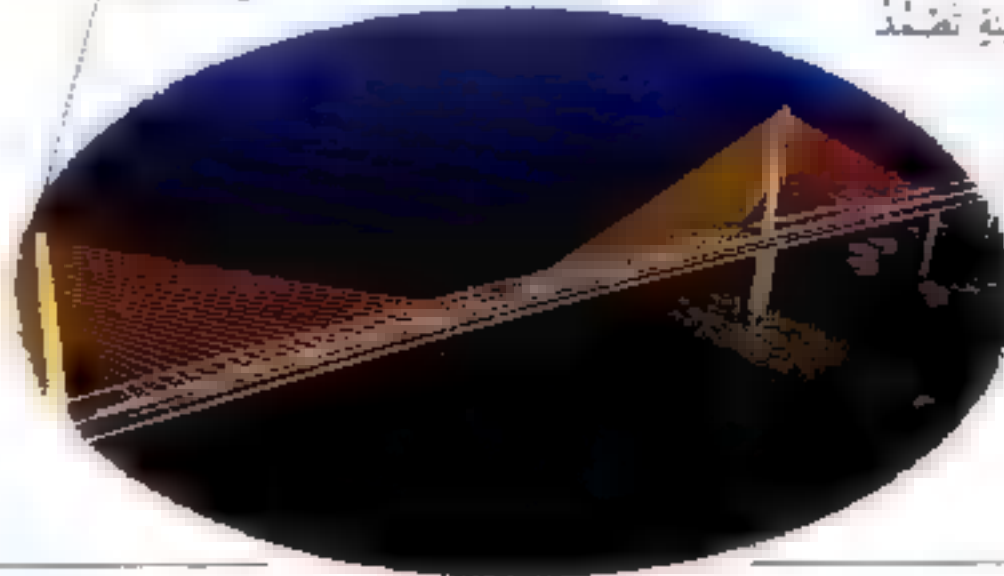
كحول مئيل: كثافته النسبية ٠,٨

زيت الأرد: كثافته النسبية ٠,٩

ماء: كثافته النسبية ١

زئبق: كثافته النسبية ١٣,٦

وظيفة البرج هي تثبيت الكتل في مواقعها



## نجم نيوتروني

فلز الأوزميوم هو أكثف مواد الأرض قاطبة. فهو أقل من الرصاص بمرتين وأكثف من الماء بأكثر من ٢٢ مرة. غير أن أكثف مواد الكون هي مادة النجوم النيوترونية. فمقدار رأس دبوس منها وزن مليون طن.

نجم نيوتروني

مقدار رأس دبوس من نجم نيوتروني

كثافة الماء (النسبية) تساوي ١. فالسوائل الأقل كثافة تطفو فوقه، والسوائل الأكثر كثافة تغوص تحته.





## اللدونة

إذا كُست بعض المواد، كاللاستيسين (الطين اللداني) أو المعجونة، بتغير شكلها ويبقى على تغيره، لذا تُدعى هذه المواد بالمواد اللدنية. هنالك أنواع مختلفة من اللدانة كالطروقة (قابلية الطريق) والمطيلية (قابلية المظلل)، فالبلل طروق إذا استطعنا تطريقه صفائح رقيقة دون تكسر، ومنطون (أو مطيل) إذا استطعنا سحبه أسلاكاً دقيقة دون تقطع.

التحاس وبعض الفلزات الأخرى يمكن سحقها أسلاكاً أدق من الشعر؛ فللتحاس إذن قدرٌ مطيل.

## توصيل الحرارة

الفلزات موصلات جيدة للحرارة بسبب بنيتها الذرية. أما بعض المواد الأخرى، كاللدان والخشب، فموصليتها الحرارية ضئيلة جداً أو معدومة، لذا فهي عازلات جيدة تصنع لتغليف الموصلات الحرارية. وللسبب نفسه تُصنع مقابض الأواني المطبخية، كالغلايات والقنور، من اللدائن.

الصانع هذا يطرق طاساً من الفضة لصياغته بالشكل المطلوب. فالفضة إذن فلزٌ طروق.

ينقل الماء الحرارة بالحقل، ومنه تنتقل الحرارة إلى الملعقة المعدنية بسرعة.

## المرونة

للمطاط خاصية لافقة، فهو يمتد بالشد وينكمش عائدًا إلى حجمه الأصلي عند زوال القوة المؤثرة. هذه الخاصية تُدعى المرونة. إن معظم المواد، حتى الفلزات مرنة. وللمرونة بعض المواد صف، يُدعى حد المرونة، لا نستعيد المادة شكلها وحجمها الأصليين إذا ما تخطت.

## المط

البالون المرن إلى الحد الأقصى

## توصيل الكهرباء

تسري الكهرباء غير الفلزات بسرعة، لذا فهي موصلات جيدة للكهرباء. والسبب في ذلك عائد إلى وجود إلكترونات طليقة الحركة على ذرات الفلزات. أما اللدائن والزجاج والخشب ومعظم الجوامد الأخرى، عدا الكربون، فهي موصلات رديئة، أو عازلة، للكهرباء. ولذا نستخدم اللدائن لتغليف الموصلات الكهربائية كاسلاك الكبول.

أسلاك نحاسية ثقُلَّت الأسلاك النحاسية بالكامل بمادة لدائنية.

## القَصَافَة

المطاط مرنٌ في درجات الحرارة العادية. أما هذا البالون الذي جرى غمسه في النتروجين السائل (على درجة حرارة - 196° س) فقد أصبح قصفاً يفتش قطعاً عند طرقه بمطرقة. بعض المواد، كالزجاج، قصفت على درجات الحرارة العادية. وبعضها الآخر، كالطين، لَدُنْ عادية، لكن يصبح قصفاً بعد التبريد في آتون أو فرن.

الطبشير ليس ذواباً حتى في الماء الساخن. أما السكر فتزداد ذوبانيته في الماء الساخن. ازدادت سخونة الماء تزداد ذوبانية السكر.

الطبشير في الماء الساخن

نقطة الغليان عندها يتحول السائل إلى بخار، أو يتكثف البخار إلى سائل؛ وهي دوماً أعلى من نقطة الانصهار.

السكر في الماء الساخن



نقطة الانصهار (أو التجمد): عندها يذوب الجامد مُتَحَوِّلاً إلى سائل، أو يتجمد السائل مُتَحَوِّلاً إلى جامد.

بعض المواد ذوابات أكثر من بعضها الآخر، فالطبشير بالكاد يذوب في الماء، أما السكر فيذوب بسهولة حتى في الماء البارد.

السكر في الماء البارد

الطبشير في الماء البارد



## الذوبانية

كثير من الجوامد والسوائل والغازات يذوب في الماء، أو في سوائل أخرى، لتكوّن محاليل، فنقول إنها ذوابة أو ذوابة؛ فالسكر يذوب في الشاي، والملح يذوب في الماء. المادة التي تذوب تُسمى المذاب، والسائل الذي تذوب فيه يُدعى المذيب. والماء غالباً ما يُدعى المذيب العام لأن مواد كثيرة جداً تذوب فيه. خاصية الماء هذه أساسية للحياة، لأن الماء يتطوف حاملاً المواد المذابة في دم الحيوان كما في تسخ النبات. والحيوانات التي تعيش في الماء تحصل على الأكسجين اللازم لحياتها من المذاب منه في الماء.

## نَقَطَتَا (أو درجتا)

### الانصهار والغليان

كُلُّ مادة نقيّة لها نقطتا انصهار وغليان ثابتان على الضغط الجوي العادي. أما إذا كانت المادة مشوبة فإن نقطتي الانصهار والغليان تتغيران. فالملح على الجليد يُخَفِّضُ نقطة انصهاره فيتحوّل الجليد إلى ماء. وما لم يشدّ القفص برقاً فلن يعود الماء الضهير إلى التجمد.

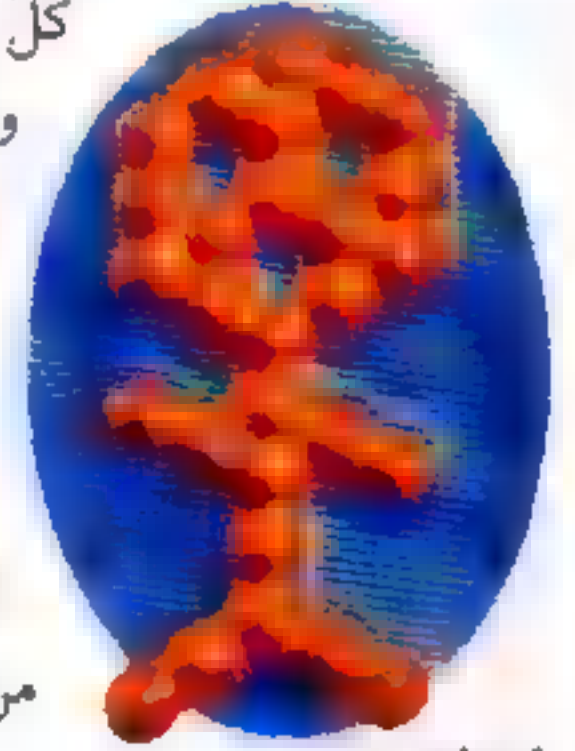
### لمزيد من المعلومات انظر

- البنية الذرية ص ٢٤
- الفلزات الانتقالية ص ٣٦
- الكربون ص ٤٠
- المحاليل ص ٦٠
- التحليل الكيماوي ص ٦٢
- الطقس والغطس ص ١٢٩
- الكهرباء الثيارية ص ١٤٨
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٢



# البنية الذرية

كل شيء حولنا مما يرى ويُسمع ويُشم ويُذوق يتألف من جسيمات دون المجهرية تُدعى ذرات، وهي من الدقة بحيث يلزم بضعة ملايين منها لتغطية نقطة الوقف في نهاية هذا السطر. وتتألف الذرة نفسها من جسيمات أصغر بكثير. ففي مركز كل ذرة توجد نواة تتضمن بروتونات ونيوترونات، وتدور حول النواة في أغلفة (طبقاتية) مختلفة جسيمات تُدعى إلكترونات. البروتونات والنيوترونات أثقل من الإلكترونات بكثير، بحيث إن معظم كتلة الذرة يتركز في النواة. بعض المواد مركبات، كالماء أو السكر، تتألف من جزيئات، والجزيئات بدورها تتركب من عدة أنواع من الذرات مترابطة معاً في مجموعات. وبعض المواد عناصر، كالحديد والكربون، تتألف من نوع واحد من الذرات فقط.

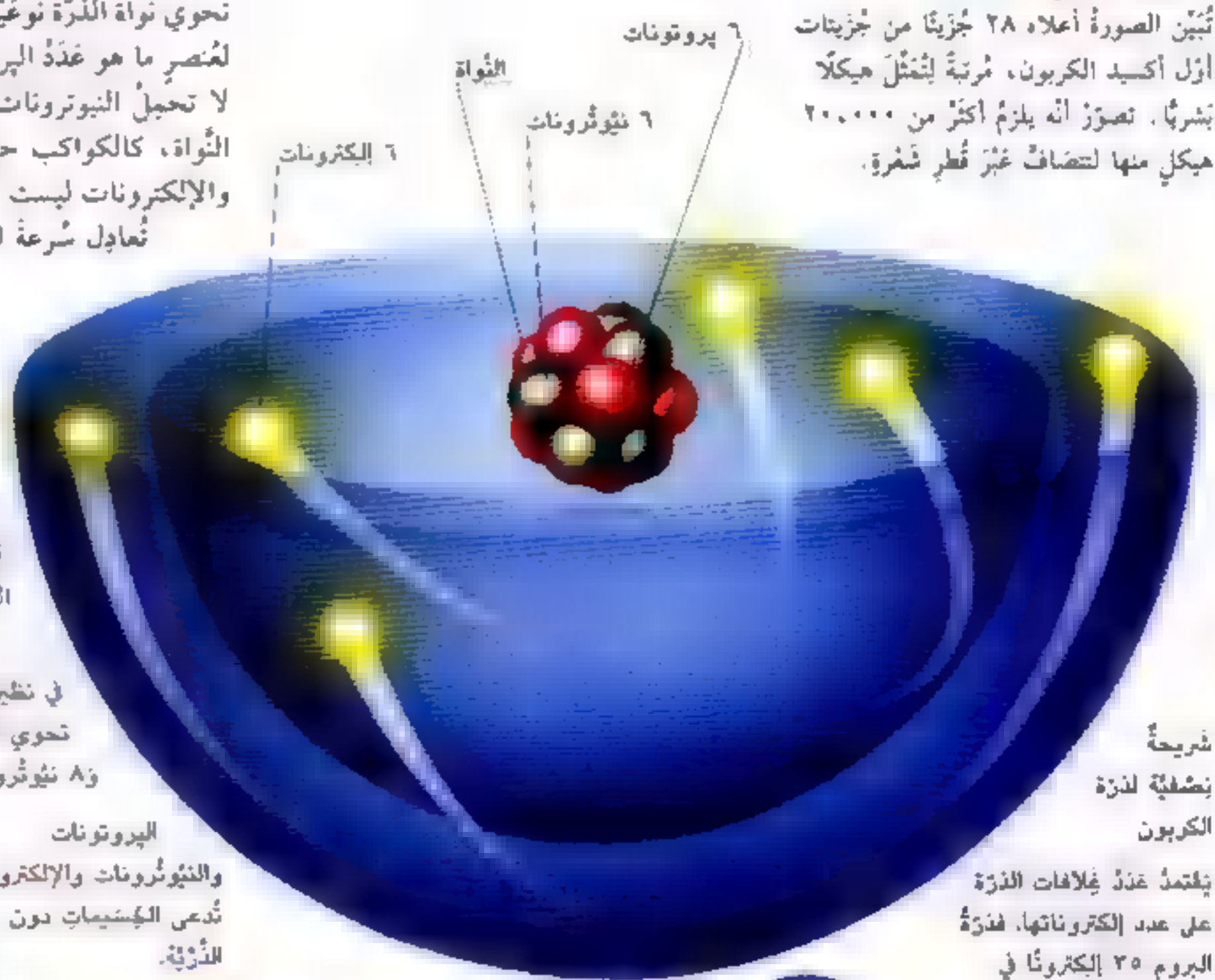


تصوير الجزيء

تُبين الصورة أعلاه ٢٨ جزيئاً من جزيئات أول أكسيد الكربون، مُرتبة ليشكل هيكلًا بشرياً. تصوّر أنه يلزم أكثر من ٢٠,٠٠٠ هيكل منها لتتصاف غير قطر شفرة.

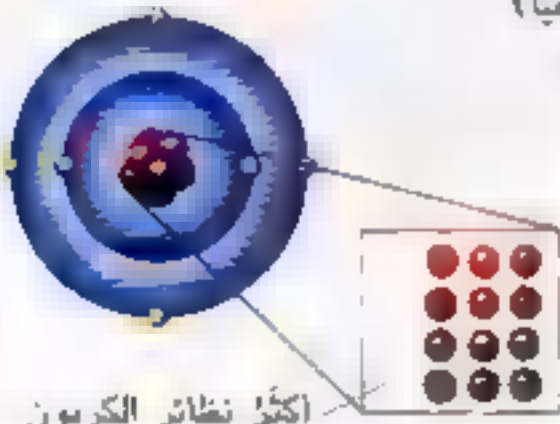
## البروتونات والنيوترونات والإلكترونات

نحوي نواة الذرة نوعين من الجسيمات: البروتونات والنيوترونات. العدد الذري لعنصر ما هو عدد البروتونات ذات الشحنة الكهربائية الموجبة في نواته، في حين لا تحمل النيوترونات أي شحنة كهربائية. أما الإلكترونات التي تدور حول النواة، كالكواكب حول الشمس، فهي ذات شحنت كهربائية سالبة. والإلكترونات ليست كرات جامدة، بل حزم من الطاقة تتحرك بسرعة فائقة تكاد تُعادل سرعة الضوء. عدد الإلكترونات والبروتونات في الذرة متساو، وكذلك شحنتها، مما يجعل الذرة متعادلة كهربياً.



### ذرة الكربون

يُمثل هذا الرسم شطراً (تصفيًا) لذرة كربون. تتألف نواة ذرة الكربون من ٦ بروتونات و ٦ نيوترونات. أما الإلكترونات الستة فتوجد في غلافين.



أكثر نظائر الكربون انتشاراً هو

الكربون-١٢، ولي نواته ٦ بروتونات و ٦ نيوترونات.



### النظائر

جميع ذرات العنصر الواحد تحوي عدداً مماثلاً من البروتونات، لكن عدد النيوترونات في بعضها قد يختلف، وتسمى جميع ذرات العنصر حينئذٍ نظائر. فنواة ذرة نظير الكربون-١٢، مثلاً، تتضمن ٦ بروتونات و ٦ نيوترونات، بينما تحوي نواة نظير الكربون-١٤ نيوترونين إضافيين؛ وهو ذو فاعلية إشعاعية. وتُعرف النظائر ذات الفاعلية الإشعاعية بالنظائر المشعة.

### أبعاد الذرة

الذرات أصغر من أن تمثلها مخطلة الإنسان. فقطر الذرة، الذي يُقارب الأنفستروم، يعني أن المليمتر يتسع لـ ١٠ ملايين ذرة متصافّة جنباً إلى جنب. ورغم صغرها الفائق هذا، فإن الذرات تتألف من

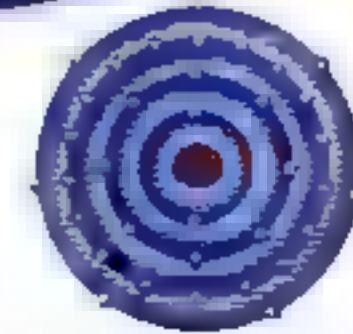
معظمها من فراغ، فالإلكترونات بعيدة جداً عن النواة. ولو تمثّل النواة بحجم كرة المضرب، لكانت الذرة تُشكّل بمبنى الإمبراطور شنت، ناطحة الشحاب العملاقة في نيويورك.

معظم الفراغ خاو - حتى في الذرات المولدة من جسيمات كثيرة.

شريحة بصلية لذرة الكربون

يلتصم عدد غلافات الذرة على عدد إلكتروناتها. فذرة البروم ٢٥ إلكترونًا في أربعة غلافات. وقد يبلغ عدد الغلافات في بعض الذرات سبعة.

الغلاف الأول لذرة الكربون يحوي إلكترونين، والإلكترونات الأربعة الأخرى تتواجد في الغلاف الثاني.



## جون دالتون

الفيلسوف اليوناني ديمقريطس (حوالي ٤٦٠-٣٦١ ق.م.)، ارتأى أن العالم يتألف من جسيمات دقيقة لا تقبل الانقسام أسماها ذرات. وظل مفهوم هذا موضوع نقاش على مدى مئات السنين. وفي العام ١٨٠٨، تقدّم الكيميائي البريطاني جون دالتون (١٧٦٦-١٨٤٤)، بناءً على تجارب أجراها، بنظرية مفادها أن كل عنصر كيميائي يتألف من ذرات متماثلة، وأن العناصر تختلف لأن ذراتها مختلفة. وقد عُرفت هذه النظرية منذئذٍ بالنظرية الذرية لدالتون.





## الجسيمات دون الذرية

البروتونات والنيوترونات والإلكترونات في الذرة إن هي إلا ثلاثة جسيمات أساسية من أكثر من ٢٠٠ جسيم دون الذري معروفة اليوم. ويواصل العلماء اكتشاف جسيمات جديدة واصطناع أخرى، مستخدمين آلات عالية القدرة، تدعى مسارعات الجسيمات لتحطيم الذرات والجسيمات دون الذرية. على سرعات عالية جدًا. وهم يطلقون على هذه الجسيمات أسماء غريبة عجيبة مثل كاؤن وطاقون وإيسيلون وباريون ولامدا إلى غير ذلك.



## إرنست رذرفورد

في العام ١٩١١، اكتشف الفيزيائي البريطاني النيوزيلندي المولد، إرنست رذرفورد (١٨٧١-١٩٣٧) أن للذرة مركزًا كثيفًا دقيقًا تتركز فيه كتلتها هو النواة. إذ

كان رذرفورد وزملاؤه يقذفون رقيقة من الذهب بجسيمات ألفا الموجبة الشحنة، التي يتألف جسيمها الواحد من بروتونين ونيوترونين. وجدوا أن معظم الجسيمات تخترق الرقيقة دون تغيير مسارها، بينما ينحرف بعضها عن مسارها، في حين أن القليل منها عاد مرتدًا إلى الوراء. فتيش بذلك أن شحنة الذرة الموجبة تتركز في نواة صغيرة هي سبب تلك الانحرافات، وأن الذرة بمعظمها فضاء خاوي.

## مسارعات الجسيمات

في المسارعات، كهذا التكتروترون (إلى اليسار)، تُرسل حزم من الجسيمات دون الذرية في مدارات دائرية، بفعل كهربيتهات بالغة القدرة، وتُسرع بواسطة نبضات كهربائية. وعندما تبلغ الجسيمات سرعة كافية، تُسخر وتوجه لتصادم بعضها مع بعض. ويُسرّع العلماء ناليًا بتحليل الجسيمات الجديدة التي تنتج عن هذه التصادمات.



## المخترعون

جون كوكروفت (١٨٩٧-١٩٦٧) وإرنست والتون (١٩٠٣-) كانا أول من طور مسارعًا للجسيمات عام ١٩٣٢. ونالا بذلك جائزة نوبل للفيزياء عام ١٩٥١. في الصورة أعلاه، يظهر إرنست والتون جالسًا داخل حجرة الغد، حيث تكتشف الجسيمات. الأنبوب الطويل فوق الشجرة هو الأنبوب المسارع، والقسم السفلي الشكل فوقه هو مركز انطلاق الجسيمات.

## الجسيمات دون الذرية

عام ١٨٩٧، اكتشف ج.ج. طومسون الإلكترون (١٨٥٦-١٩٤٠) عام ١٩٠٩، فاس زوبرت ميليكان (١٨٦٨-١٩٥٤) الشحنة السالبة للإلكترون. عام ١٩١١، اكتشف إرنست رذرفورد نواة الذرة (١٨٧١-١٩٣٧) عام ١٩١٣، اكتشف إسحاق نور (١٨٨٤-١٩٦٧) الفلاشات الإلكترونية عام ١٩٣٢، اكتشف جيمس شادويك (١٨٩١-١٩٧٤) النيوترون عام ١٩٢٤، نظّر لموري غل-مان (١٩٢٩-) بوجود الكواركات.

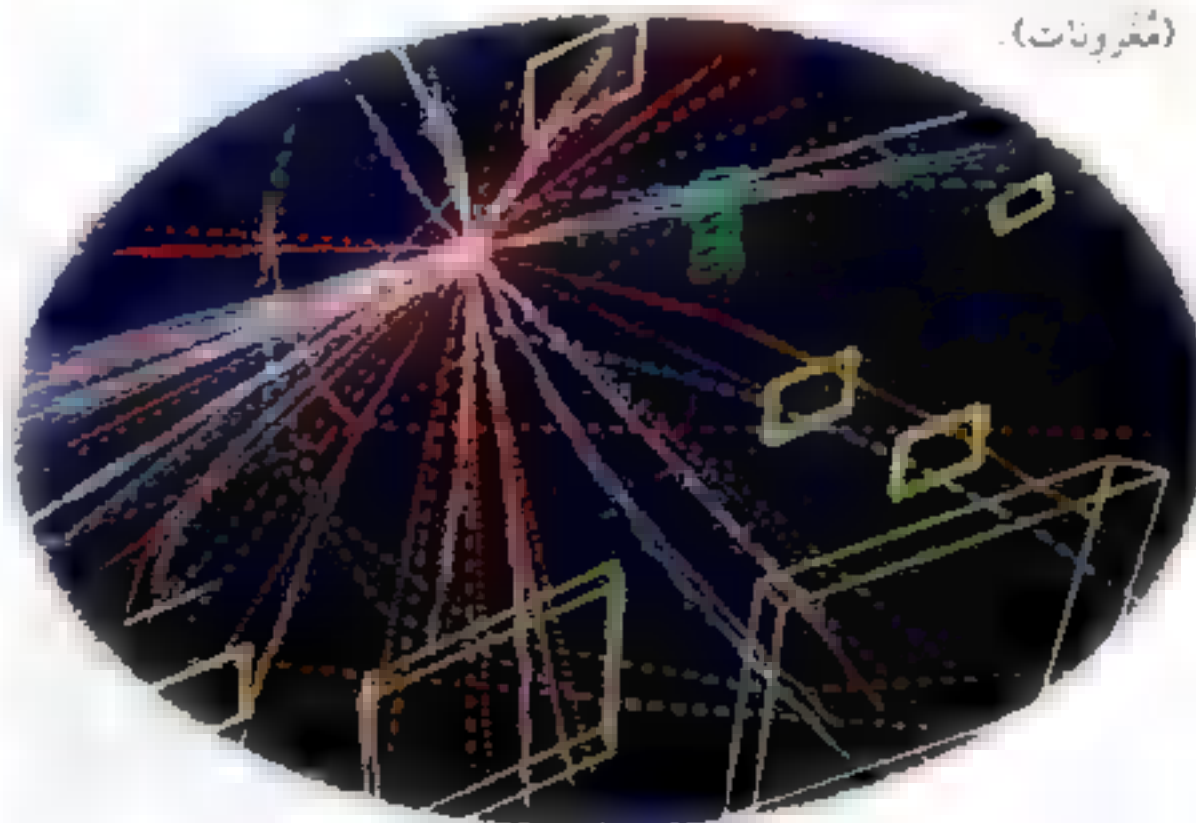
مسالك الجسيمات في حجرة الفقاعات.

نواة  
نيوترون  
إلكترون  
ثلاثة كواركات  
من  
بضائف النيوترون  
كوارك  
غلونات



## في باطن النواة

نعلم حاليًا أن نواة كل ذرة تحوي بروتونات ونيوترونات. وهذه بذورها تتألف من جسيمات أصغر منها تدعى كواركات تتماسك فيما بينها بواسطة جسيمات أخرى تدعى غلونات (مفروقات).



## مسالك الجسيمات

كثيرًا ما يستخدم العلماء كاشفات إلكترونية، لتحديد مسالك الجسيمات المتولدة في التصادمات داخل المسارعات. ويُعالج حاسوب المعلومات المجمعة ويعرض المسالك على شاشة. ومن خصائص تلك المسالك يستطيع العلماء تحديد كتل الجسيمات التي رُسمتها وشحناتها الكهربائية. فالمسلك اللولبي الأخضر مثلاً، في الرسم المقابل هو للإلكترون خفيض الطاقة.

## لمزيد من المعلومات انظر

النشاط الإشعاعي (الفاعلية الإشعاعية) ص ٢٦  
الترابط الكيميائي ص ٢٨  
العناصر ص ٣١  
الكربون ص ٤٠  
ل طاقة النوية ص ١٣٦  
الضوء ص ١٩٠  
حقائق ومعلومات ص ٤٠٢



## النَّشَاطُ الإِشْعَاعِي

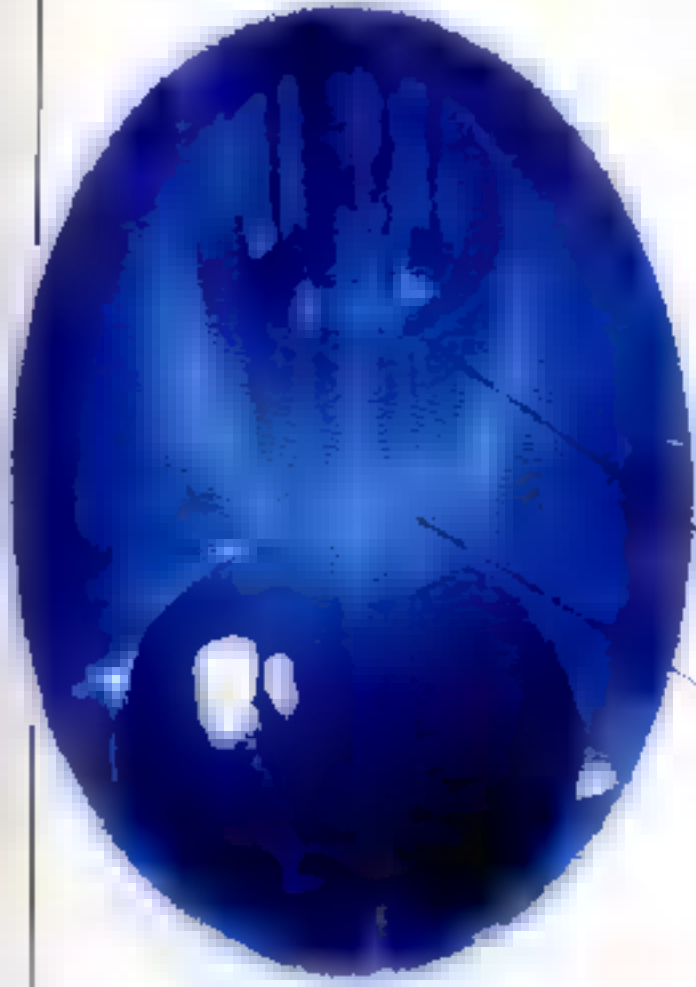
التَّوْحُجُ الإِشْعَاعِي

تُخْتَرَن المواد المشعة غالباً في الماء، لأن الماء يعمل كبرق يمتص الإشعاع. وقد اكتشف الفيزيائي الروسي، بافل شيرنكوف، أن مرور الحسيمات عبر الماء يجعله ينبعث ضوءاً أزرق (سمي أشعة شيرنكوف) قال باكتشافه هذا جائزة نوبل.

الإشعاع المُستخدم في المستشفيات لمعالجة المَرَض سببهُ تفكُّك النوى الذريَّة. إنَّ معظم الذرات ذات نوى مستقرَّة - أي إنَّ عدد النيوترونات يبقى مُساوياً لعدد البروتونات، لكنَّ بعض النوى في بعض العناصر غيرُ مستقرَّة وشطوورة، وهي لذلك إشعاعية. إنَّ عدد النيوترونات في النوى غير المُستقرَّة، وتُدعى النظائر المُشعَّة، يَختلفُ عن عددها في النوى المُستقرَّة. وعندما تنفكُّ هذه النظائر تبتعثُ إشعاعاتٍ ويعرف هذا بالاضمحلال الإشعاعي. والمعروف أنه كلما ازداد عدد الجُسيمات دُون الذريَّة في الذرة، يزداد الإحتمال بأن تكون مُشعَّة. فذرة اليورانيوم، مثلاً، ذات ٢٣٨ جُسيمًا دُون الذريّ، وهو عنصرٌ عالي الإشعاعية.

## التَّشَاظُ الإِسْمَاعِي

عام ١٨٩٦ اكتشاف انطوان بيكريل  
(١٨٥٢-١٩٠٨) النشاط الإشعاعي.  
عام ١٨٩٨ اكتشاف ماري كوري  
(١٨٦٧-١٩٣٤) وزوجها بيير كوري  
(١٨٥٩-١٩٠٦) الزاديوم والبولونيوم.  
عام ١٩٣٤ اكتشاف ياقوت شيرنكوف  
(١٩٠٤- ) اشعة شيرنكوف.  
عام ١٩٣٤ برهنت آيرين جوليوت كوري  
(١٨٩٧-١٩٥٦) ابنة ماري وببيير  
وزوجها فردريك (١٩٠٠-١٩٥٨) أن  
النشاط الإشعاعي يمكن إحداثه  
اصطناعياً.



مفاعل نووي  
قضايا الوقود من

يُبيِّن الماء أشعة  
شيمونكوف

## القُزَّةُ الإِخْرَاقِيَّةُ

تَبْتَعُ النَّظَائِرُ الْمُشْفَعَةَ ثَلَاثَةَ أَنْوَاعٍ مِنَ  
الْإِشْعَاعِ هِيَ أَشَعَّةُ أَلْفَا وَبِيْتَا وَغَامَا،  
وَجَمِيعُهَا تَشْكَلُ خَطَرًا عَلَى الْكَائِنَاتِ الْحَيَّةِ  
لَأَنَّ بِإِمْكَانِهَا الْعُبُورَ إِلَى الْأَنْسَجَةِ الْحَيَّةِ  
وَإِعْطَابِهَا: فَإِذَا تَعَرَّضَ أَحَدٌ لَيَضْرِبُ مِنَ  
الْإِشْعَاعِ تَعَرَّضَتْ حَيَاتُهُ لِلْخَطَرِ. وَالْمَعْلُومُ  
أَنَّ أَشَعَّةَ أَلْفَا هِيَ الْأَقْلُ ضَرَرًا فَبُجْسِمَاتُهَا لَا  
تَسْتَطِيعُ اخْتِرَاقَ صَفِيحَةٍ وَرَقِيَّةٍ. كَمَا إِنَّ  
جُسْجِمَاتِ بِيْتَا نَسْتَلْزِمُ صَفِيحَةً مَعْدِنِيَّةً  
لِصَدِّهَا. أَمَّا أَشَعَّةُ غَامَا، الْحَادَّةُ الْإِخْتِرَاقِيَّةُ،  
فَلَا يُوقِفُهَا إِلَّا صَفِيحَةٌ سَمِيكَةٌ مِنَ الرُّصَاصِ  
أَوْ جِدَارٌ مِنَ الْخُرْسَانَةِ.

تصري أشعة  
ألفا بسرعة  
تعاادل  $\frac{1}{10}$  من  
سرعة الضوء.

تسري اشعة  
بيتا بشرة  
تفاعل ٥٠٪ من  
-شعة الضوء

أشعة غاما  
تسري بسرعة  
الضوء

صفحة الومنيوم  
سمكها ١ ملم

صفحة من الرسائل  
سمكها ١,٥ سم

يُقَدِّدُ اليَوْمَ جُتَيْمَاتٍ مِنْ تَوِيَّاتِهِ  
الْمُضْجِلَةِ إِشْعَاعِيًّا. يَبِينُ الرِّسْمُ أَدْنَاهُ  
بَضْعَةً مَرَّاحِلَ فَقَطْ مِنْ هَذَا الْإِنْحِلَالِ.

اليورانيوم-٢٣٨

مرحلتان من  
الشعاع بيتا

خمس  
سراج  
إشعاع ألفا

إِسْمَاعِيلُ  
الْأَخِي

الزُّمَانِي - ٢٩٤

إِسْمَاعِيلُ

إشعاع ألفا

إشعاع  
الفا


ثَلَاثَ مَرَّاجِلَ مِنْ  
إِسْخَاعٍ بَيْتًا

## الإشعاع الحراري

اليورانيوم-٢٣٨، أكثر نظائر اليورانيوم إنتشاراً، تحوي فواته ٢٣٨ جُسيمًا يتخلف عندها مع ابتعاث الإشعاع. ويحدث ذلك في سلسلة من المراحل يتكوّن في كُل منها عنصرٌ جديد. يُدعى مُعدّل هذا الاضمحلال الإشعاعي عُمُر النصف، وهو الزمن اللازم لاضمحلال نصف ذرات المادة المُشعّة. إنّ عُمُر النصف لليورانيوم-٢٣٨ هو ٤٥٠٠ مليون سنة، لأنّ آية كُعبه من اليورانيوم-٢٣٨ نحتاجُ إلى ٤٥٠٠ مليون سنة ليضمحل نصف ذراتها إشعاعاً.



ماري کوري

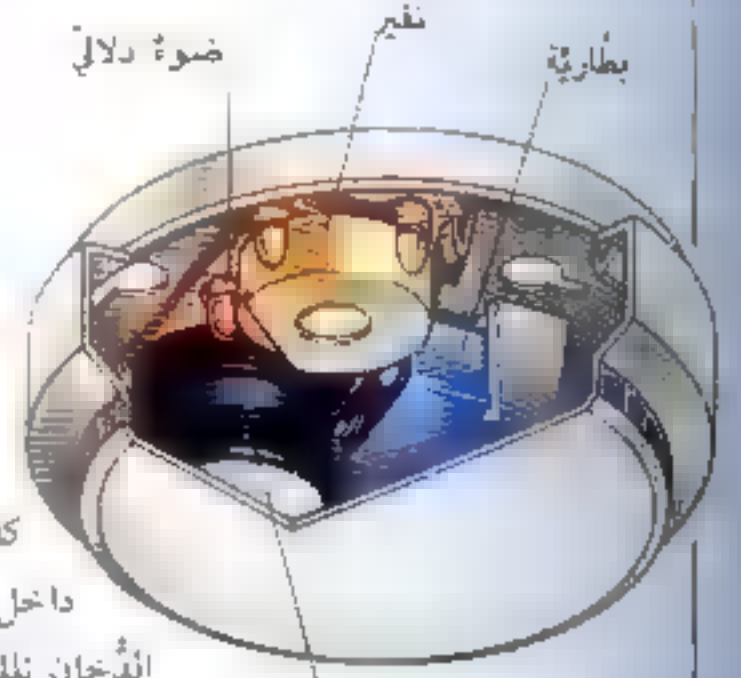


اكتشف الفيزيائي الفرنسي، أنطوان  
بيكريل، الفاعلية الإشعاعية لليورانيوم  
عندما لاحظ تغيّسًا غير متوقّع في لوحة  
فوتوغرافية كانت على مقربة من أملاح  
اليورانيوم. إثر ذلك راحت ماري كوري  
وزوجها بيريسقسيان اليورانيوم، فوجدا أن  
البثبلند، خام اليورانيوم، هو على درجة من  
الفاعلية الإشعاعية تُوحى بتواجد عنصر مُشعّ  
آخر بين مقوماته. وكان أن وُجدا عنصرين هما الراديوم  
والهولونيوم. وتقاسم بيكريل وماري وبيرس كوري جائزة نوبل  
للفيزياء عام ١٩٠٣ لِتَزُلْهُم عنصر الراديوم. وقد ماتت ماري كوري  
بِداء اللوكيميا (سرطان الدّم) رُبما بسبب تعرّضها المفرط للإشعاع!



## الاستخدامات المفيدة للإشعاع

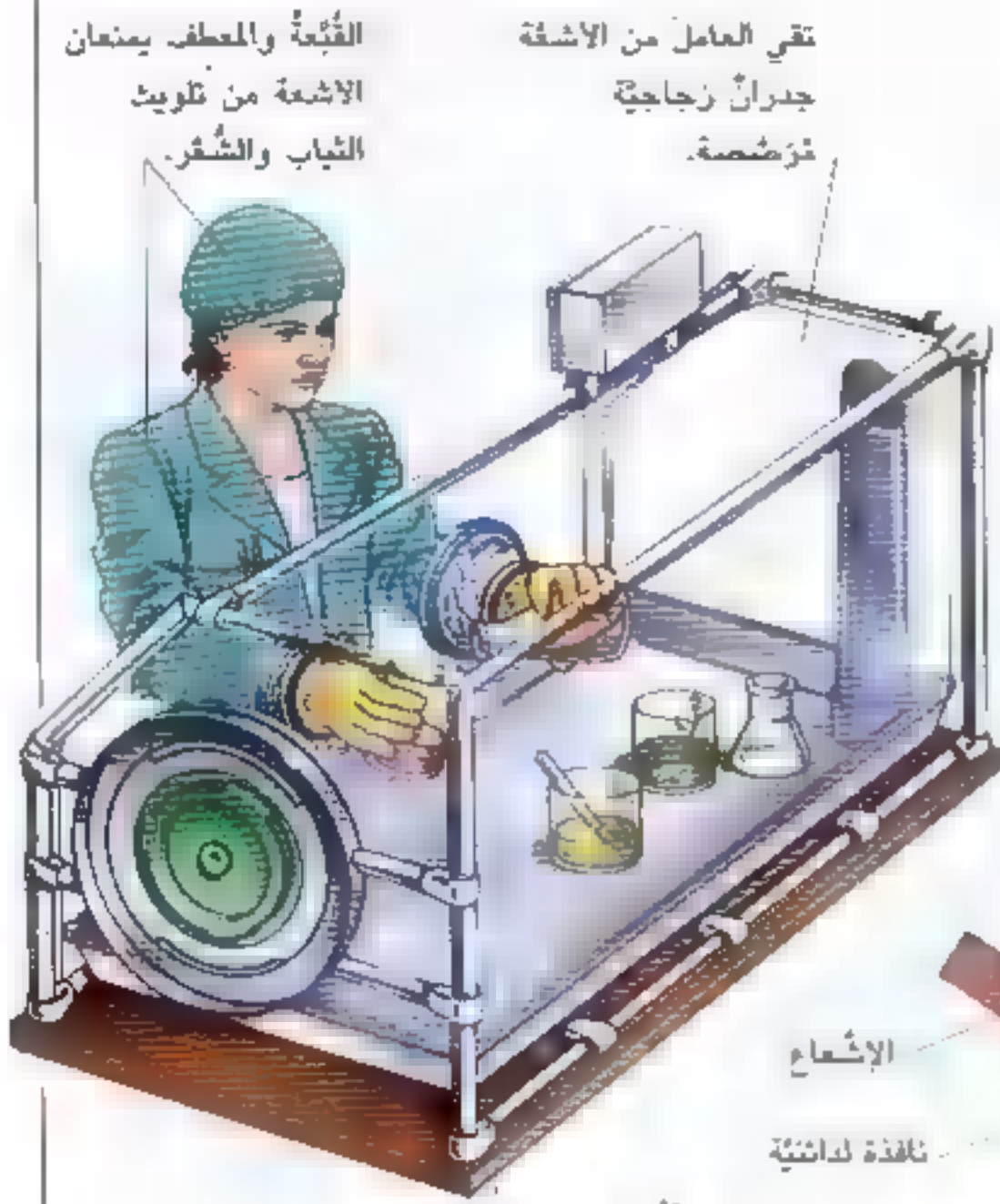
الأشعة المؤينة من المواد المشعة قد تكون قتالة، لذا يجب التعامل معها بعناية بالغة. وهي قد تُستَخدم لأغراض نافعة، كما في الناظفات القلبية ذات البطاريات النووية التي تدوم لمدة أطول بكثير من البطاريات العادية. كذلك فإن الأمراض السرطانية تُكتشف وتُعالج باستخدام الإشعاعات.



تدري خلية التلويث  
مادة مشعة تُساعد في  
اكتشاف الدخان.

### أجهزة الإنذار من الدخان

يحتوي الكثير من أجهزة كشف الدخان مصدراً مشعاً ضعيفاً كالأمريسيوم-241. إن إشعاعات هذا العنصر تؤين الذرات داخل خلية التلويث مُرسلةً تياراً كهربائياً ضعيفاً. فإذا دخل الدخان تلك الخلية، تصطرب الأيونات ويُخفَضُ التيار، فتُجسّرُ الخلية المُفرقة هذا الانخفاض وتُطلق نغمة الإنذار.



### مُناولة المواد المشعة

يجب معاملة المواد المشعة بعناية بالغة. ففي الصناعة النووية يُعالج العاملون هذه المواد من خلال قفازات مرئية في صندوق مُدرع. وعندما يضطرون إلى مُناولة تلك المواد الخطرة خارج الغرف المُعالجة فيها، يستخدمون آلات مُعدّة لتحكم تحاكي عمل أيديهم. ويحمل جميع العاملين في المجالات النووية شارات صدرية خاصة تُسجل مقياس الجرعات، تُسجل كمية الإشعاع التي يتعرضون لها خلال فترة زمنية مُعيّنة.



### السقوط المشع

تحتوي محطات القدرة النووية كميات كبيرة من المواد المشعة لا خطر منها عادة، لكن فيها خطرٌ كامنٌ. أسوأ الحوادث النووية العالمية كان انفجار مُفاعل شيرنوبيل النووي. بأوكرانيا، في نيسان 1986. فالمواد المشعة التي انقذت في الهواء عادت لاحقاً إلى الأرض ساقطات مشعة، ملوثة مناطق شاسعة من أوروبا وآسيا. وتبين الخارطة المُقابلة مناطق التلوث الإشعاعي في العالم بعد عشرة أيام من الانفجار.



### الرّقم بالنظائر المشعة

عندما تُحقن بعض النظائر المشعة في الجسم، تتجمّع في أعضاء مُعيّنة فتُرقمها وتُبرّزها، مما يُيسّرُ للأطباء المُختصين فحصها. كما إن الأشعة التي تبعثها تلك النظائر قد تُكثف أيضاً الأنسجة المُغطوبة. في الصورة المُضطّعة الألوان لقلب بشري أعلاه، يظهر النسيج المعطوب على شكل بضوء (خضرة) في يسار الصورة.

لمزيد من المعلومات انظر
البنية الذرية ص 24
الترباط الكيميائي ص 28
العناصر ص 31
الهيدروجين ص 47
الطاقة النووية ص 136
التلويث الكهربائي ص 192
حقائق ومعلومات ص 402



### التأريخ بالكربون المشع

في أنسجة الحيوانات والنباتات نسبة معروفة من نظير الكربون المشع (الكربون-14). وعند موت هذه المخلوقات يتوقف تناولهم لمزيد من الكربون، وتُسجّرُ كمية الكربون-14 طبعاً بالتناقص بمعدل معروف (هو عمر النصف). وباستخدام هذا المعدل، يُمكن تقدير عمر المواد العضوية القديمة بقياس كمية الكربون-14 المشعة فيها. إن عمر البطاقة الخشبية هذه المُعيّنة للموميا، هو حوالي 2500 سنة.



### العلاج بالإشعاع

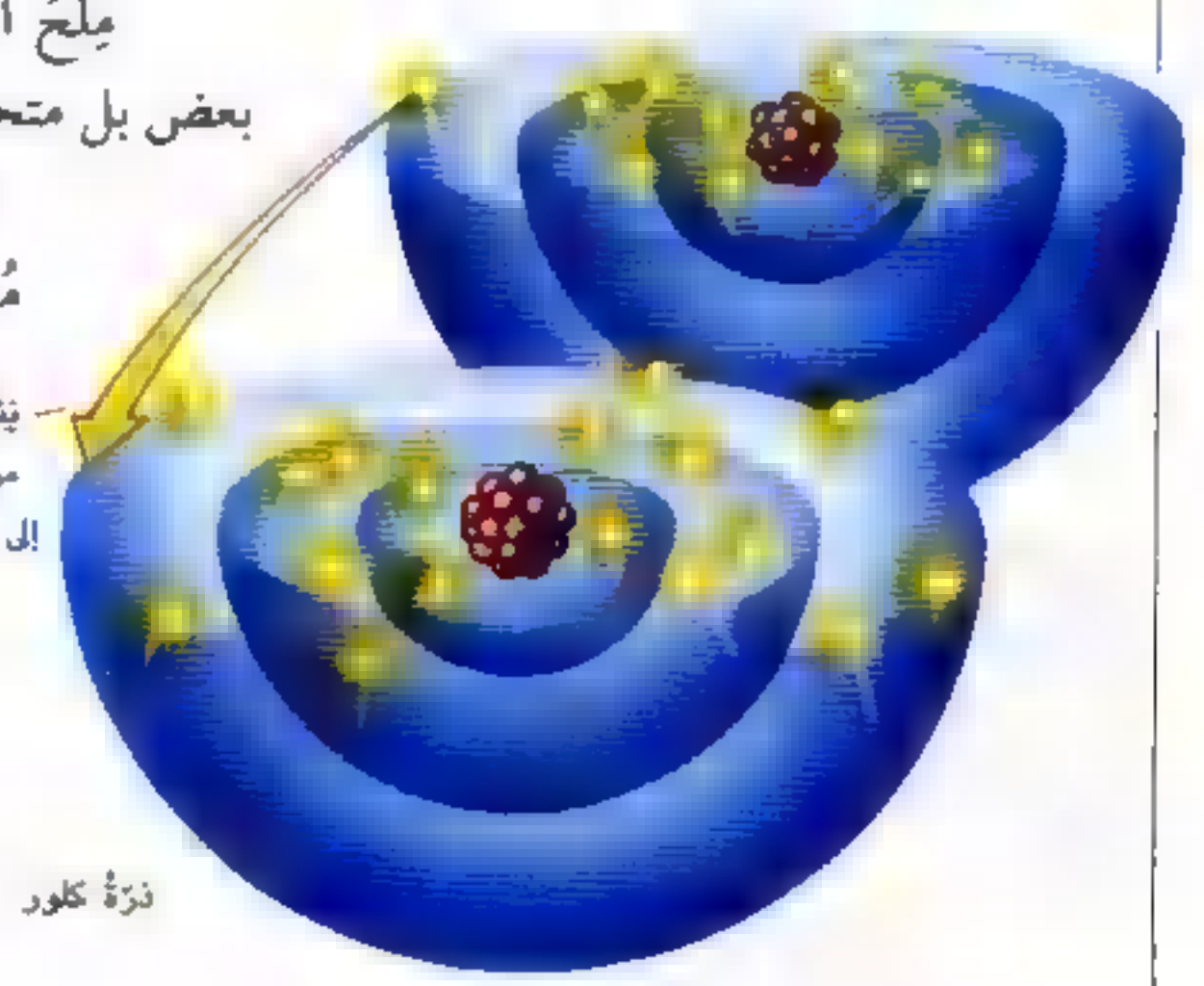
يُعالج المرضى المُصابون بداء السرطان بالإشعاع. في هذه المكنة، تُركّز أشعة غاما المؤينة من نظير كوبالت-60 على المنطقة المُصابة لقتل خلاياها ومنع السرطان من الانتشار إلى مناطق أخرى من الجسم. كما تُستخدم أشعة غاما أيضاً في تعقيم المُعدّات الطبية.



# التَّرابُط الكيماويّ

ذرة صوديوم

ملح الطعام تُؤلّفه ذرات الصوديوم والكلور. وهي ليست مُجرّد خليط بعضها مع بعض بل متحدة ومتماسكة معاً بروابط كيماويّة. والروابط هذه بمُختلف أنواعها تشمل حركة الإلكترونات في الغلافات القصوى للذرات والإلكترونات نفسها بطرق مُتباينة. ففي الملح، مثلاً، تمنح الذرات إلكترونات (كما الصوديوم) أو تتلقاها (كما الكلور). وهذا يشكّل ما يُعرف بالروابط الأيونية. أمّا في مركبات أخرى، كالماء، فالذرات تشارك الإلكترونات فيما بينها مُشكّلة ما يُدعى بالروابط الإسهامية. أمّا في الفلزّات، فالإلكترونات تسري حول جميع الذرات فيما يُعرف بالروابط الفلزيّة. فالذرات المختلفة المتحدّة والمتماسكة بعضها مع بعض بهذه الروابط المختلفة تُؤلّف ملايين المواد المتنوعة المتباينة المتواجدة على الأرض.



## التكافؤ

التكافؤ هو عدد الروابط التي يُمكن للذرة أن تُشكّلها مع ذرة أخرى. ولكل ذرة رقم يُبيّن ذلك يُدعى رقم التكافؤ. فذرة الصوديوم، مثلاً، رقم تكافؤها واحد إذ إنّ غلافها الخارجي يحوي إلكترون واحد، بينما يملأ غلافها الثاني مجموعة ثمانية. فهي لذا تُنزع إلى الترابط بهذا الإلكترون مع ذرة أخرى (كما في كلوريد الصوديوم) وتبقى هي بمجموعة ثمانية مُستقرّة. أمّا ذرة الكربون فلديها أربعة إلكترونات في غلافها الخارجي، وبمقدورها الترابط مع أربع ذرات أخرى لتكوين مجموعة ثمانية مُستقرّة. وهكذا فإن رقم تكافؤها يساوي أربعة. هذا ولبعض الذرات تكافؤ مُتغيّر، فذرة الحديد، مثلاً، تستطيع الترابط مع ذرتين أخريين أو ثلاث.



لقد خُبرَتْ ذرة الصوديوم إلكترونات سالب الشحنة فأصبحت أيوناً موجب الشحنة يُدعى كاتيوناً (هابطة).

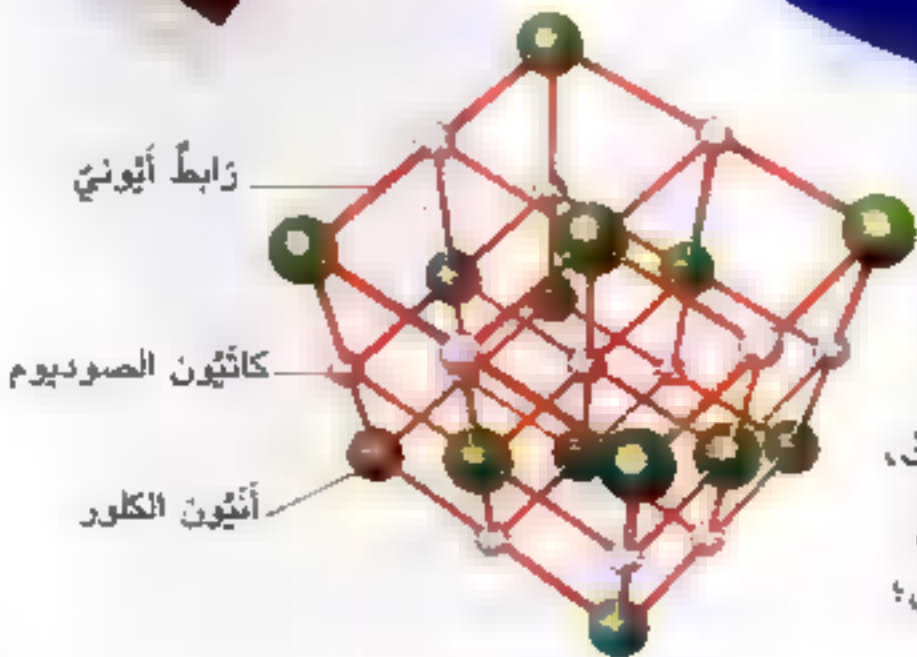
## الروابط الأيونية

يتم الترابط الأيوني عندما تكسب الذرة أو تُفقد إلكترونات أو أكثر من إلكترونات غلافها الخارجي الأقصى. وهي بذلك تصبح مشحونة بالكهرباء، فتسمى أيوناً. والأيونات إما هابطة (كاتيونات) أو صاعدة (أنيونات). فالذرة التي خُبرَتْ إلكترونات تصبح هابطة (كاتيون) أو أيوناً موجب الشحنة، والذرة التي اكتسبت إلكترونات تصبح صاعدة (أنيون) أو أيوناً سالب الشحنة. وهذه الشحنتان المتضادة كهربائياً تجذب الأيونات بشدّة بعضها نحو بعض؛ لذا فإنّ مُعظم الروابط الأيونية مُبنية من التسير جداً فعضها. وهكذا، فالمركّبات الأيونية هي غالباً من الجوامد، ولا تنصهر إلا على درجات حرارة عالية جداً. وعند اتّحاد ذرات الصوديوم والكلور، مُكوّنة روابط أيونية فيما بينها، تصبح المركّب الأيوني كلوريد الصوديوم (ملح الطعام).

بترابط الذرات يزداد استقرارها، وتكون عادة أكثر استقراراً عندما يحوي غلافها الخارجي ثمانية إلكترونات تشكّل ما يُسمى الثمانية المُستقرّة.



بلورات الملح



رابط أيوني

كاتيون الصوديوم

أنيون الكلور

وكسبت ذرة الكلور إلكترونات فأصبحت بذلك أيوناً سالب الشحنة يُدعى أنيوناً (صاعدة).

## البنية الأيونية

في مركّب أيوني ككلوريد الصوديوم، تنظّم جميع الأيونات في هيكلية مُنظمة تُدعى شبكة أيونية مُهيكلّة. فبلورات الملح مُكوّنة من شبكة أساسية للشبكة. إنّ جميع المركّبات الأيونية تشكّل شبكات؛ لكنّ نسق انتظام أيوناتها يختلف من شبكة إلى أخرى؛ وهذا يُعطي الشبكة بنية مُختلفة، والبلورة شكلاً مُغايراً مُميّزاً.

## لينوس بولينج

وُلد لينوس بولينج، الكيميائي الأمريكي، عام ١٩٠١. وخلال الثلاثينيات من القرن العشرين، طوّر نظريّات مُهمّة حول الترابط الكيماوي والتركيب الجزيئي، وقام بقياس مقادير الطاقة اللازمة لتكوين الروابط

الكيماوية وزواياها، كما قاس المسافات بين الذرات. وقد نال بذلك جائزة نوبل للكيمياء عام ١٩٥٤. وفي عام ١٩٦٢، مُنح أيضاً جائزة نوبل للسلام تقديراً لجهوده في وقف تجارب القنابل النووية.





## الرّوابط الإسهامية

كثرة من أنواع الذرات لا تخسر (أو لا تكسب) إلكترونات بسهولة لتُشكّل روابط أيونية، فتستعيز عن ذلك بمشاركة الإلكترونات فيما بينها. وتتم هذه المشاركة بأزواج تُدعى أزواجًا إلكترونية. وهذا النمط من الترابط يُسمى رابطة إسهامية، كما يُدعى أصغر جزء من المركب ذي الروابط الإسهامية جزيئًا. إن قوى الجذب التي تشدّ هذه الجزيئات بعضها إلى بعض ضعيفة إلى حد بعيد، لذا نجد معظم المركبات الإسهامية الترابط غازات أو سوائل. وهي ذات نقاط انصهار وغيان منخفضة لأنّ فُصم الروابط بينها لا يستلزم طاقة كبيرة.

## الجزيئات التساهمية

يُبين محاكاة الشكل الحاسوبية هذه بنية مُجمّعة للمركب الكربوني البيوتان (غاز القوارير). فالبيوتان مركب تساهمي نموذجي، وسائله يتحوّل بسهولة إلى غاز لأنّ جزيئاته مترابطة فيما بينها بقوى ضعيفة، تُدعى قوى فان دير فالز.

## الروابط المترابطة

في الروابط الإسهامية تشارك الذرات أحيانًا بزوجين من الإلكترونات بذل زوج واحد. فجزيء أكسجين الهواء، مثلاً، يتألف من ذرتين مترابطتين برابطة ثنائية (مزدوجة).

## الروابط الهيدروجينية

يتألف جزيء الماء (H<sub>2</sub>O) من ذرتي هيدروجين مترابطتين مع ذرة واحدة من الأكسجين برابطتين إسهاميتين. وبالإضافة إلى تماسكها بقوى فان دير فالز، فإنّ جزيئات الماء مترابطة أيضًا بعضها مع بعض بروابط هيدروجينية. ويحصل هذا الترابط بانجذاب ذرات الهيدروجين الموجبة الشحنة نوعًا، إلى ذرات الأكسجين السالبة الشحنة نوعًا. وتكتسب ذرات الأكسجين الشحنة السالبة الضئيلة لأنها تجذب إلكترونات الترابط الإسهامي بقوة أكبر مما تفعل ذرات الهيدروجين.

## بنية الفلزّات

ترأصف ذرات الفلزّات صُفوفًا منتظمة التوافق يشدّها يَغرّ من الإلكترونات في شبكة فلزية هيكلة. ففي بحر الإلكترونات هذا لا ترتبط الذرة مع الذرات المجاورة، بل تتجول الذرات بحرية، لكن تظلّ دومًا متماسكة تُشكّل روابط قوية في مواقعها الجديدة. وهذا يفسّر قابلية الفلزّات للشدّ والتمطيع.

## الروابط الفلزية

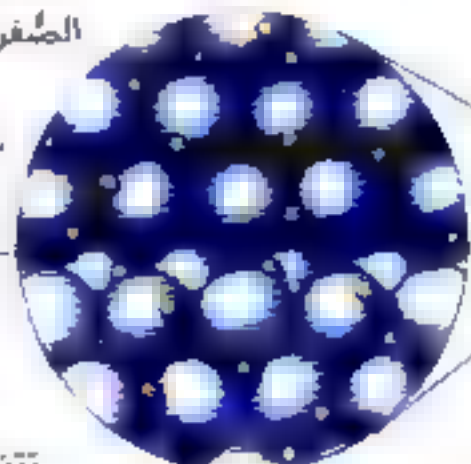
ترابط الإلكترونات في الغلاف الخارجي للذرات الفلزّات ترابط رابح، لذا فهي تطفو في جمل أو بحر مشترك من الإلكترونات مُكوّنة ما يُعرف بالترابط الفلزي. وهذا الجمل من الإلكترونات يمكنه أن يسري بحرية حول جميع الذرات، وهذا يفسّر كون الفلزّات موصّلات جيدة للحرارة والكهرباء. فعندما تُسلّط الحرارة أو الكهرباء على جزء من الفلزّ، تحملها الإلكترونات بسرعة إلى جميع الأجزاء الأخرى.

صورة مصطنعة الألوان لشبكة ذهبية، والنقطة الصفرة تمثل ذرات الذهب.

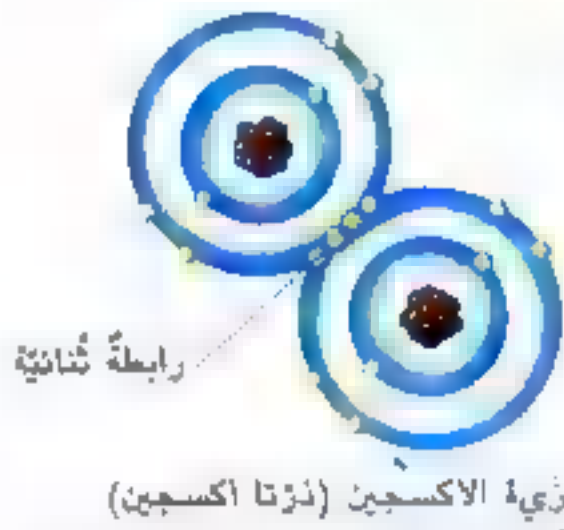
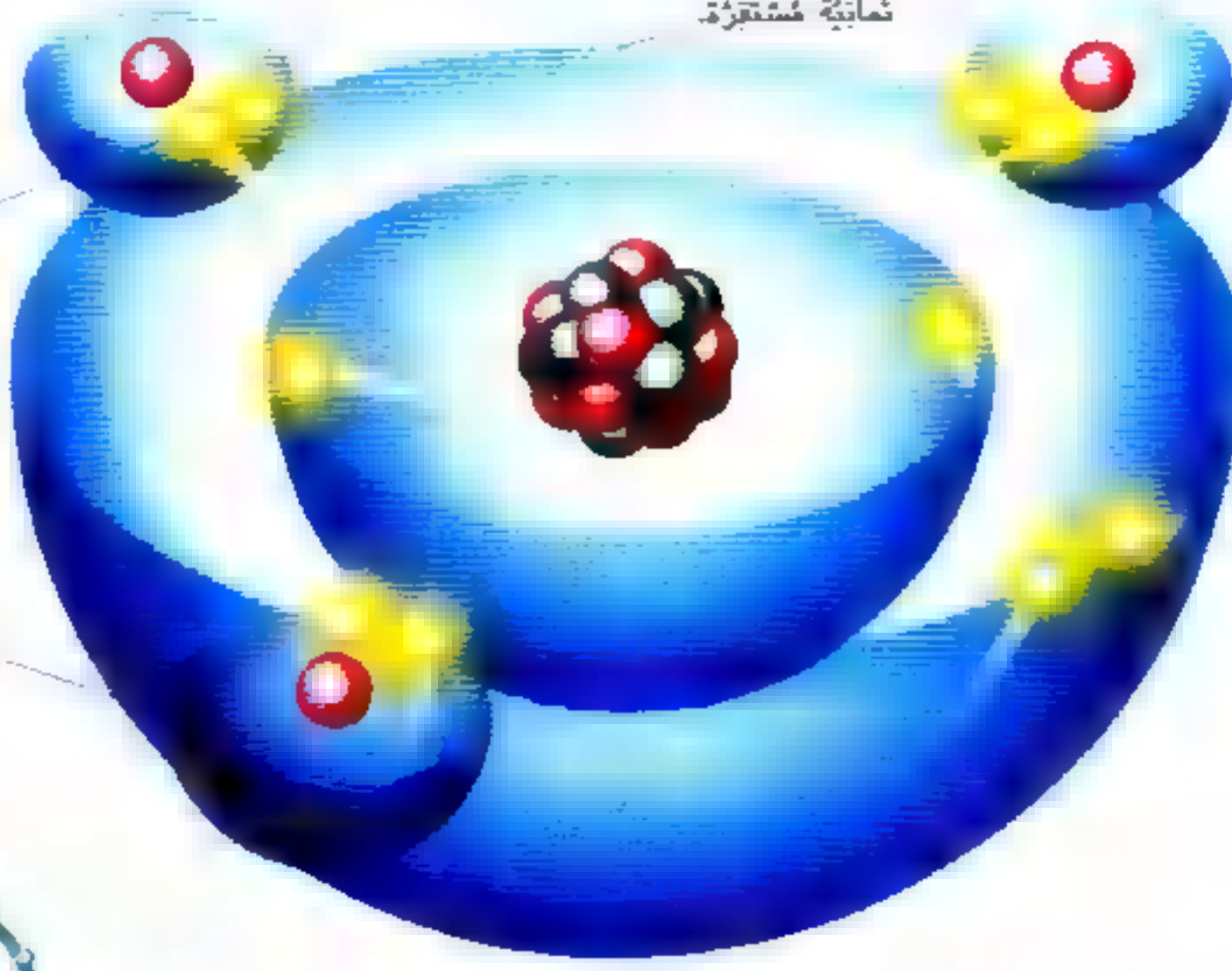
شدّة ذهب متبلّرة

الإلكترونات الخارجية لفلزّات تجول بحرية من ذرة إلى أخرى.

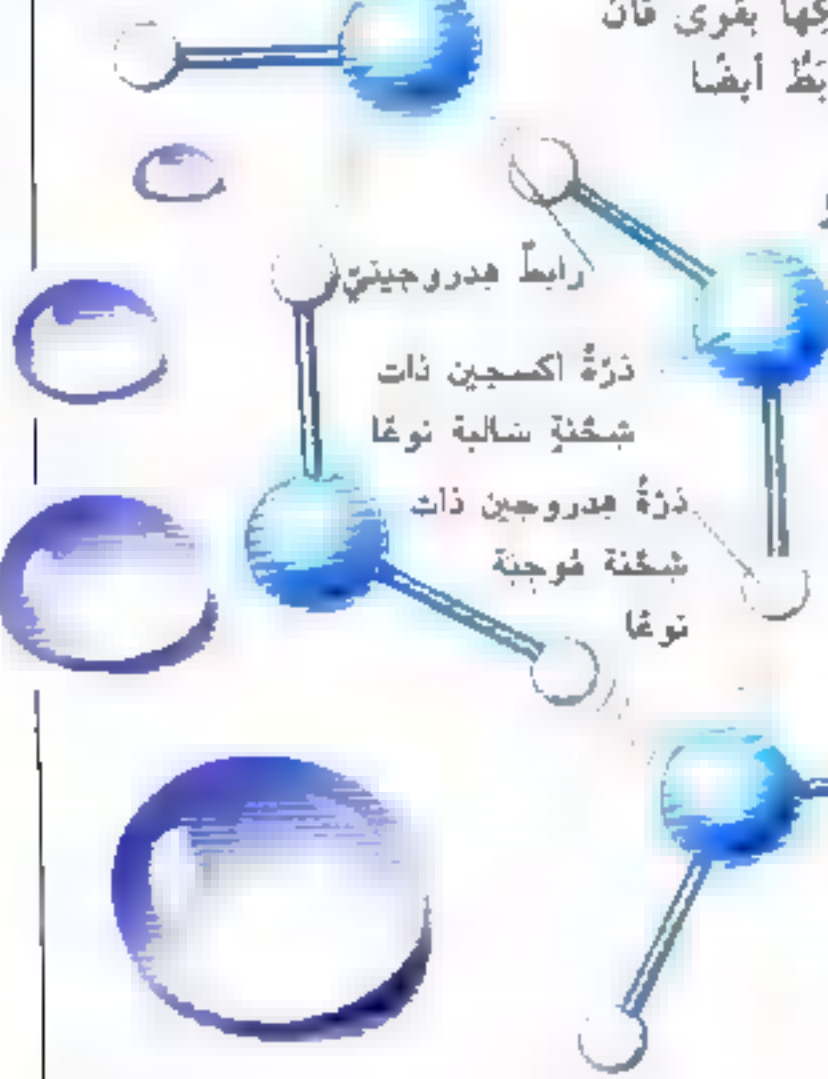
تنويع الفلزّات المعدنية للصمّجة حلًا يفرّ التيارات الكهربائي غيرها.



في الغلاف الخارجي لذرة الهيدروجين خمسة إلكترونات وهي ترتبط مع ثلاث ذرات من الهيدروجين لتؤلف ثمانية مستقرة.



نقطة غليان الماء عالية بالنسبة إلى المواد التساهمية لأنّ جزيئاته متماسكة بروابط هيدروجينية قوية.



## لمزيد من المعلومات انظر

- البنية الذرية ص ٢٤
- البلورات ص ٣٠
- التفاعلات الكيميائية ص ٥٢
- توصيف التفاعلات ص ٥٣
- المركبات والمزيجات ص ٥٨
- كيمياء الماء ص ٧٥
- الكهرباء والتأثير ص ١٤٨



# البُلُورات

إذا تفحصت قليلاً من الشُّكْر بعدسة مكبرة تر مُكعّبات دقيقة زجاجية المظهر هي بلّورات الشُّكْر. الحجارَةُ الكريمة، كالياقوت والصفير هي بلّورات أيضاً. إنّ مُعظم الجوامد، بما فيها الفلزّات، تتألف من كمّيات كثيرة من البلّورات قد لا يمكن رؤيتها أحياناً لأنها أصغرُ من أن تُرى، أو لِشِدَّة تَلَزُّها وتلاصقها. لكنّ البلّورات في الصخور كثيراً ما تكون واضحة للعيان رُغم أنها غالباً لا تتخذ شكلاً مُحدّداً لُتراصها معاً. أمّا المُتنامي منها بحُرّية في الفجوات الصخرية فيتخذ أشكالاً مُنتظمة جميلة. هنالك سبعة أشكال أو أنظمة بلّورية (مُبيّنة أدناه)، وهي تعكسُ الترتيب أو النسق البلوريّ للذرات أو الأيونات التي تُؤلف البلورة. والعلماء يتقصّون هذا النسق بأشعة إكس (الأشعة السينية).



## ألوان البلّورات

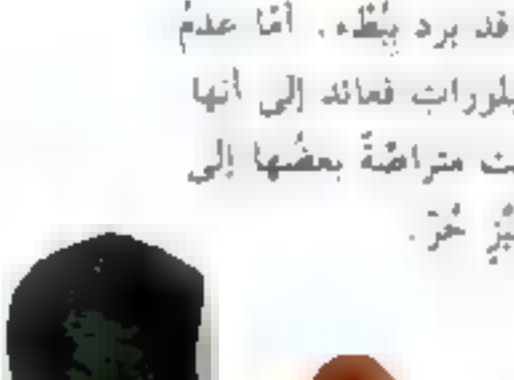
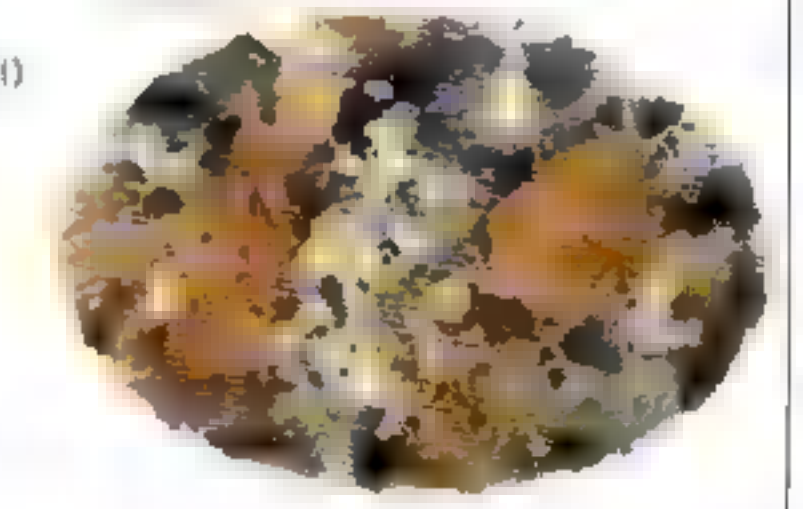
من البلّورات ما تكلّه تقريباً دو لون واحد، كالكبريت، لكنّ المرزّو أو الكوارتز (لاني أكسيد السليكون) مُتباين لون البلّورات لاحتوائه شوائب مُتنوعة. فالمرزّو النقي شفاف ويُدعى البلّور الصخري. أمّا غير النقي فقد يكون أبيض (كالمرزّو النقي) أو قُرَظِيّاً (كالمرزّو البوردي) أو أصفرَ نيمونيّاً (كالشُّرّين). أمّا النوع الأرجواني (الجمشت) فنلونه ناتج أساساً من الحديد.

## الانشقاق والتخلّق

عند تضدّع البلّورات يُلاحظ أنها تتخلّق غالباً بموازاة مُستويات مُعيّنة ذات علاقة بالنسق البلوريّ الأساسيّ. فالميكاء، مثلاً، تتخلّق صفائح رقيقة بموازاة قاعدة البلّورة.

## البيجماتيت

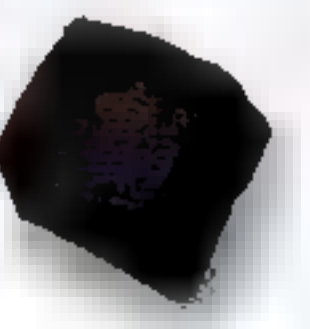
بلّورات البيجماتيت، وهو صخر ناريّ، كبيرة لأنّه كان قد برد ببطء. أمّا عدم انتظام شكل البلّورات فعائد إلى أنها كانت قد تشكّلت متراصة بعضها إلى بعض لا في خيّر حرّ.



التوباز (اليسار) ذو تماثل مُعقّد.

الزُّمُرُود ذو تماثل سداسيّ.

الغاليينا (خامة الزنك) ذات تماثل مُعقّد.



## تُنبئة البلّورات

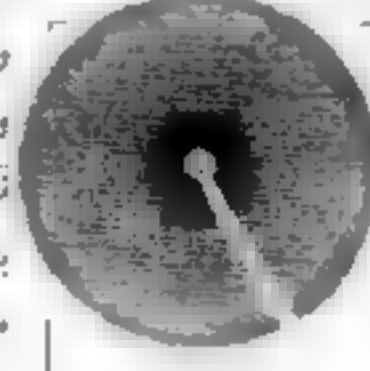
تُنبئ هذا النمط من البلّورات المختلفة حُصل من بلّورات كبريتات الحديد الشاذية (البُنِّيّة) وبلّورات كلوريد الكوبلت (الفاتمة الزُرّة)، وبلّورات بنرات النحاس (الفاتحة الزُرّة). إنّ تُنبئة البلّورات عملية سهلة يمكنك إجراؤها بتعليق خيط في محلول مُركّز من الماء والشُّكْر أو من الماء وبلّورات الجَنَازرة (كبريتات النحاس).

المرزّو (الكوارتز) ذو تماثل ثلاثيّ.

الأكسفيد ذو تماثل ثلاثيّ المُثل.

الجبس ذو تماثل أحاديّ المُثل.

الايذوكراز ذو تماثل رباعيّ.



مُخطّط بلّوريّ لحد البروتينات بأشعة إكس.

## وليام براج

وليام هنري براج (١٨٦٢-١٩٤٢) وابنه وليام لورانس براج (١٨٩٠-١٩٧١) كانا أوّل من درس بُنية البلّورات بالأشعة السينية (أشعة إكس). وقد نالا جائزة نوبل للفيزياء عام ١٩١٥ لتخليهما هذا. عند إمرار حزمة من أشعة إكس عبر بلّورة تُسقط نمطاً نسبياً على صفيحة فوتوغرافية، يُدعى المُخطّط البلّوري؛ ولكل بلّورة مُخطّطها الخاص بها. وهذا المُخطّط يكشف البنية الداخلية للبلّورة ونسق ذراتها أو أيوناتها.



## الأنظمة البلّورية

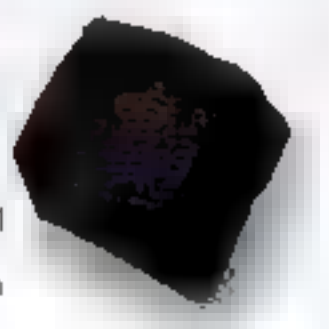
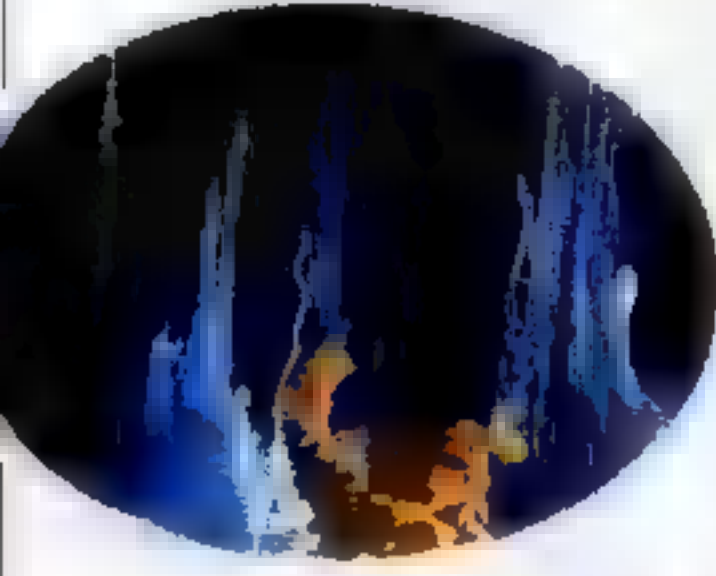
الأنظمة البلّورية السبعة مُبيّنة أعلاه. والمعروف أنّ البلّورات الكاملة والثامة الشكل نادرة. لكن مهما كان شكل البلّورة فإنّ بالإمكان قياس تماثلها. وهذا يُساعد العلماء على تعرّف هويّتها.

## البلّورات السائلة

إنّ ما تُشاهد في واجهة الساعات والحاسبات



الرُقميّة يتألف من بلّورة سائلة شفافة محصورة بين صفيحتين من الرُّجاج في نمط مُعيّن. وعندما يمرّ التيار الكهربائيّ عبر البلّورة تبدو البلّورة مُسوّدة في القطع المُراد إبراز الرقم الصحيح بها، بينما تظلّ القطع الأخرى شفافة. وهكذا يتمّ العرّض بالبلّورة السائلة.



## لمزيد من المعلومات انظر

- حالات المادة ص ١٨
- الترايط الكيميائيّ ص ٢٨
- الكبريت ص ٤٥
- الأملاح ص ٧٣
- كيمياء الماء ص ٧٥
- الصخور والمعادن ص ٢٢١
- حقائق ومعلومات ص ٤١٢



# العناصر

تتألف السبيكة الذهبية من نوع واحد من الذرات هي ذرات الذهب، وهذا يعني أن الذهب عنصر. والمعروف أن معظم الأشياء في الكون تتألف من مجموعات مؤلفة من الذرات المختلفة، تدعى مركبات. قلة من العناصر فقط يمكن أن تتواجد في حالة نقيية، كالذهب والنحاس والفضة. لقد تم حتى اليوم تعرف ١٠٩ عناصر، يتواجد منها طبيعيًا ٨٩. وكان تم اكتشاف عشرة عناصر قبل القرن الثامن عشر، واكتشف معظم الباقي في القرنين الثامن عشر والتاسع عشر حين بدأ الكيميائيون جديًا بتقصي العناصر والمركبات الكيماوية. وقد أصبح الجدول الدوري اليوم يضم ٢٠ عنصرًا اصطناعيًا لا

تتواجد في الطبيعة؛ جميعها ذو فاعلية إشعاعية، وبقاء بعضها لا يتجاوز بضعة أجزاء المليون من الثانية.

## نشأة العناصر

الهيدروجين، أبسط العناصر، كان أولها تكوينًا بعد مدة وجيزة من الانفجار العظيم الذي كان به التكون منذ آلاف ملايين السنين؛ ثم تلاه عنصر الهيليوم. إن جميع العناصر التي تتألف منها الأرض حاليًا كانت قد تكونت في أعماق نجوم عملاقة، ثم انتشرت في الفضاء بعد تفجر تلك النجوم.

## العناصر القديمة

خلال القرن الرابع ق.م. كان فلاسفة الإغريق، بمن فيهم أرسطو، يعتقدون أن جميع أشكال المادة مكوّن من أربعة عناصر فقط هي النار والهواء والماء والتراب مُنسقة بنسب مختلفة. فالتعظم، مثلاً، كان، في زعمهم، يتألف من أربعة أجزاء نارا، وجزأين ماء، وجزأين من التراب. وبيّن الرُّسْم أدناه، من مخطوط لقصيدة بالألمانية عن الخيمياء في القرن السابع عشر، أربعة رموز تمثل التراب والماء والهواء والنار.



## العناصر في ما قبل التاريخ

الحديد كان أحد العناصر التي عرفها القدماء منذ حوالي العام ١٥٠٠ ق.م. فقد اكتشف الجيتون، الذين استوطنوا ما هو اليوم أواسط تركيا، طريقة استخراج الحديد بإحماء خاماته. ولم يمضِ طويل وقت حتى انتشرت هذه المعرفة عبر القارة الأوروبية. متجلى الحصيد الحديدي هذا يزيد عمره على ٢٠٠٠ سنة.



## عصر العناصر

لعل الكيميائي الألماني، هينغ براند، باستخلاص الفسفور عام ١٦٦٩، كان أول من يحضر عنصرًا من خاماته. لكن الأمر استغرق قرابة القرن من الزمان قبل أن يقتضيه آخرون بإحماء المواد لاستخلاص العناصر من مركباتها. وقد توصل بعضهم إلى فصل عناصر بالكهولة - أي بإمرار تيار كهربائي عبر المواد، محلوقة أو مصهورة.



مختبر في القرن التاسع عشر

## العناصر الشائعة

العنصران الأكثر شيوعًا في الكون كمجموع، وبغليظ كبير، هما الهيدروجين والهيليوم. فهما العنصران الأساسيان في النجوم، إذ يشكلان ٩٨ في المئة من مادتها. أما في القشرة الأرضية، فعنصر الأكسجين هو الأكثر وفرة بين جميع العناصر ويليه السليكون، حيث يشكلان معًا حوالي ثلاثة أرباع مكونات القشرة. والمعلوم أن العناصر الأكثر تواجدًا في جسم الإنسان هي الكربون والهيدروجين والأكسجين لأنها تولّد معظم المركبات في جميع خلايا الجسم.

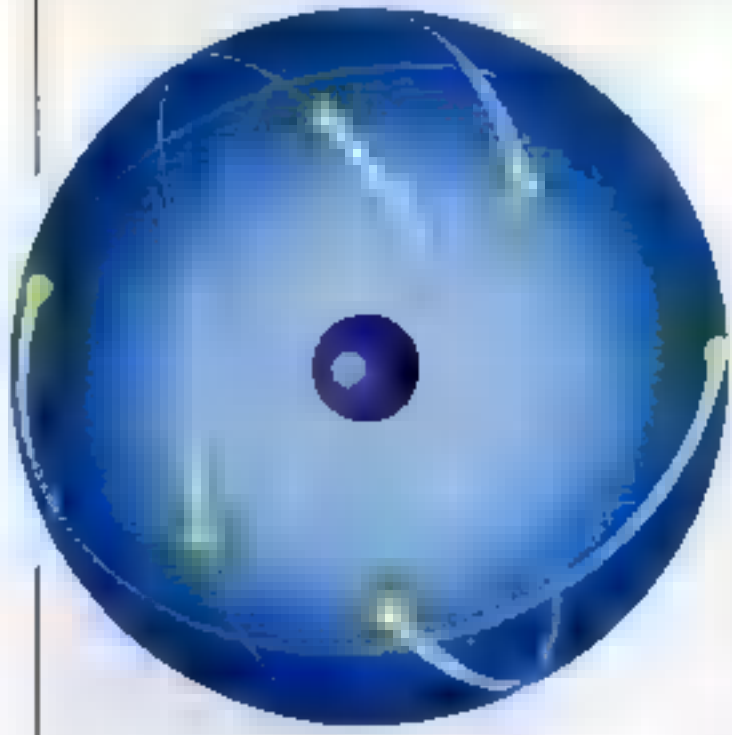


عناصر في قشرة الأرض

- عناصر جِد نادرة
- البوتاسيوم
- المغنسيوم
- الصوديوم
- الكالسيوم
- الحديد
- الألمنيوم
- السليكون
- الأكسجين

## الذرات

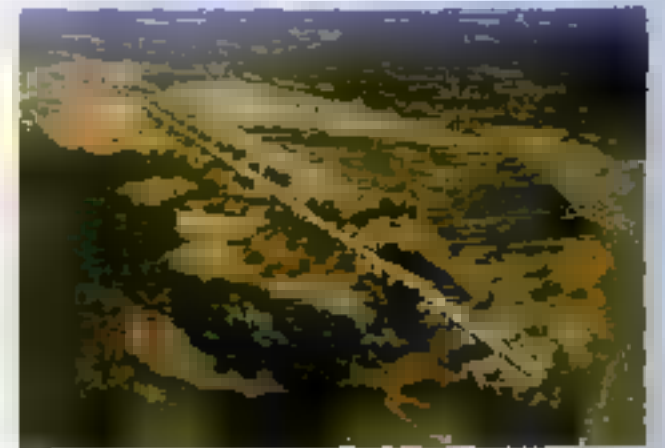
جميع ذرات العنصر تحوي الأعداد نفسها من الإلكترونات والبروتونات. وهذا يجعل كل عنصر فريدًا كيماويًا.



الإلكترونات  
السِّتَة لذرة  
الكربون تُدَوِّم  
حولها باستمرار.  
والاربعة منها في  
الغلاف الخارجي  
جاهزة للترابط  
مع ذرات أخرى.

## لمزيد من المعلومات أنظر

- البنية الذرية ص ٢٤
- النشاط الإشعاعي ص ٢٦
- الجدول الدوري للعناصر ص ٣٢
- المركبات والمزيجات ص ٥٨
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٢



## المسارع الخطّي

يستطيع الفيزيائيون التّوويون تخليق عنصر جديد بقتب عنصر موجود بجسيمات فائقة السرعة في مسارع خطّي. فزيادة عدد البروتونات في نوى الذرات يتولّد عنصر جديد.



# الجدول الدوري للعناصر

قد يبدو هذا الجدول مُعَقَّدًا، لكنَّه في الواقع جدولٌ بسيطٌ بالعناصر جميعها مُرتبةً ترتيبًا تصاعديًا، في صفوف أفقية تبعًا لأعدادها الذرية (أي عدد البروتونات في نواها). ففي ثمانينيات القرن التاسع عشر لاحظ الكيميائيون أن لمجموعات معينة من العناصر خواصَّ متماثلة، فحاولوا ترتيبها في مجاميع مُجدولة بشكل يُبين ذلك بوضوح. وفي عام ١٨٦٩ نشر ديمتري مندلييف الجدول الأفضل بينها الذي ما زال يُستخدم حتى اليوم؛ فيستطيع الكيميائي معرفة الكثير عن عنصر ما بالنظر فقط إلى موقعه في الجدول الدوري.

١٨	١٧	١٦	١٥	١٤	١٣	١٢	١١	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١
هـ	د	ج	ب	أ	ز	ح	ط	ث	ك	ل	م	ن	س	ع	ف	ق	ح
الليثيوم	الصوديوم	البوتاسيوم	الروبيديوم	الفرانسيوم	البريليوم	المغنسيوم	الكالسيوم	السترونشيوم	الباريوم	الرااديوم	البروتكتينيوم	النيوبتونيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم
١٩	٢٠	٢١	٢٢	٢٣	٢٤	٢٥	٢٦	٢٧	٢٨	٢٩	٣٠	٣١	٣٢	٣٣	٣٤	٣٥	٣٦
الليثيوم	الصوديوم	البوتاسيوم	الروبيديوم	الفرانسيوم	البريليوم	المغنسيوم	الكالسيوم	السترونشيوم	الباريوم	الرااديوم	البروتكتينيوم	النيوبتونيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم
٣٧	٣٨	٣٩	٤٠	٤١	٤٢	٤٣	٤٤	٤٥	٤٦	٤٧	٤٨	٤٩	٥٠	٥١	٥٢	٥٣	٥٤
الروبيديوم	السترونشيوم	الباريوم	الرااديوم	البروتكتينيوم	النيوبتونيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم
٥٥	٥٦	٥٧	٥٨	٥٩	٦٠	٦١	٦٢	٦٣	٦٤	٦٥	٦٦	٦٧	٦٨	٦٩	٧٠	٧١	٧٢
الروبيديوم	السترونشيوم	الباريوم	الرااديوم	البروتكتينيوم	النيوبتونيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم
٧٣	٧٤	٧٥	٧٦	٧٧	٧٨	٧٩	٨٠	٨١	٨٢	٨٣	٨٤	٨٥	٨٦	٨٧	٨٨	٨٩	٩٠
الروبيديوم	السترونشيوم	الباريوم	الرااديوم	البروتكتينيوم	النيوبتونيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم
٩١	٩٢	٩٣	٩٤	٩٥	٩٦	٩٧	٩٨	٩٩	١٠٠	١٠١	١٠٢	١٠٣	١٠٤	١٠٥	١٠٦	١٠٧	١٠٨
الروبيديوم	السترونشيوم	الباريوم	الرااديوم	البروتكتينيوم	النيوبتونيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم
١٠٩	١١٠	١١١	١١٢	١١٣	١١٤	١١٥	١١٦	١١٧	١١٨	١١٩	١٢٠	١٢١	١٢٢	١٢٣	١٢٤	١٢٥	١٢٦
الروبيديوم	السترونشيوم	الباريوم	الرااديوم	البروتكتينيوم	النيوبتونيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم
١٢٧	١٢٨	١٢٩	١٣٠	١٣١	١٣٢	١٣٣	١٣٤	١٣٥	١٣٦	١٣٧	١٣٨	١٣٩	١٤٠	١٤١	١٤٢	١٤٣	١٤٤
الروبيديوم	السترونشيوم	الباريوم	الرااديوم	البروتكتينيوم	النيوبتونيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم
١٤٥	١٤٦	١٤٧	١٤٨	١٤٩	١٥٠	١٥١	١٥٢	١٥٣	١٥٤	١٥٥	١٥٦	١٥٧	١٥٨	١٥٩	١٦٠	١٦١	١٦٢
الروبيديوم	السترونشيوم	الباريوم	الرااديوم	البروتكتينيوم	النيوبتونيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم
١٦٣	١٦٤	١٦٥	١٦٦	١٦٧	١٦٨	١٦٩	١٧٠	١٧١	١٧٢	١٧٣	١٧٤	١٧٥	١٧٦	١٧٧	١٧٨	١٧٩	١٨٠
الروبيديوم	السترونشيوم	الباريوم	الرااديوم	البروتكتينيوم	النيوبتونيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم
١٨١	١٨٢	١٨٣	١٨٤	١٨٥	١٨٦	١٨٧	١٨٨	١٨٩	١٩٠	١٩١	١٩٢	١٩٣	١٩٤	١٩٥	١٩٦	١٩٧	١٩٨
الروبيديوم	السترونشيوم	الباريوم	الرااديوم	البروتكتينيوم	النيوبتونيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم
١٩٩	٢٠٠	٢٠١	٢٠٢	٢٠٣	٢٠٤	٢٠٥	٢٠٦	٢٠٧	٢٠٨	٢٠٩	٢١٠	٢١١	٢١٢	٢١٣	٢١٤	٢١٥	٢١٦
الروبيديوم	السترونشيوم	الباريوم	الرااديوم	البروتكتينيوم	النيوبتونيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم
٢١٧	٢١٨	٢١٩	٢٢٠	٢٢١	٢٢٢	٢٢٣	٢٢٤	٢٢٥	٢٢٦	٢٢٧	٢٢٨	٢٢٩	٢٣٠	٢٣١	٢٣٢	٢٣٣	٢٣٤
الروبيديوم	السترونشيوم	الباريوم	الرااديوم	البروتكتينيوم	النيوبتونيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم
٢٣٥	٢٣٦	٢٣٧	٢٣٨	٢٣٩	٢٤٠	٢٤١	٢٤٢	٢٤٣	٢٤٤	٢٤٥	٢٤٦	٢٤٧	٢٤٨	٢٤٩	٢٥٠	٢٥١	٢٥٢
الروبيديوم	السترونشيوم	الباريوم	الرااديوم	البروتكتينيوم	النيوبتونيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم
٢٥٣	٢٥٤	٢٥٥	٢٥٦	٢٥٧	٢٥٨	٢٥٩	٢٦٠	٢٦١	٢٦٢	٢٦٣	٢٦٤	٢٦٥	٢٦٦	٢٦٧	٢٦٨	٢٦٩	٢٧٠
الروبيديوم	السترونشيوم	الباريوم	الرااديوم	البروتكتينيوم	النيوبتونيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم	البروتكتينيوم

## ديمتري مندلييف

جَمَعَ الكيميائي الروسي، ديمتري مندلييف (١٨٣٤-١٩٠٧)، جميع المعلومات المتعلقة بالعناصر المعروفة على بطاقات مُستقلة لكل منها. ثم نظم تلك البطاقات بترتيب تصاعدي تبعًا لأوزانها الذرية، فوضع بذلك الجدول الدوري. أما الفجوات التي لم يستطع ملؤها، فقد تنبأ بأنها لعناصر لم تُكتشف بعد، وقد حدّد خواصها الذرية بدقة. وبالفعل جاءت العناصر الثلاثة التي اكتُشفت في حياته مؤيدة لصحة تنبؤاته.

### دليل الجدول

الفلزات القلوية	الفلزات القلوية الترابية	الفلزات الانتقالية	الفلزات الثقيلة
الفلزات القلوية	الفلزات القلوية الترابية	الفلزات الانتقالية	الفلزات الثقيلة
الفلزات القلوية	الفلزات القلوية الترابية	الفلزات الانتقالية	الفلزات الثقيلة
الفلزات القلوية	الفلزات القلوية الترابية	الفلزات الانتقالية	الفلزات الثقيلة

العدد الذري هو عدد البروتونات في النواة، ويتصاعد واحدًا واحدًا على طول كل دورة. الرمز طريقة مختصرة لكتابة اسم العنصر في المعادلات الكيميائية. الكتلة الذرية النسبية هي كتلة الذرة بالمقارنة مع كتلة الكربون-١٢، باعتبارها ١٢.

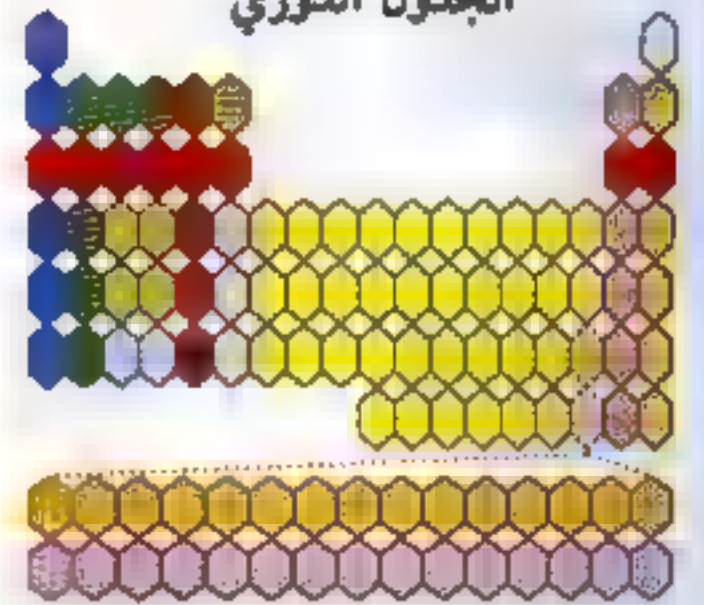
ك  
الكربون  
١٢



## المجموعات والدورات

كيف نستخدم الجدول الدوري؟ إن العناصر الـ ١٠٩ المعروفة حاليًا مرتبة في صفوف أفقية يترادى عبرها العدد الذري، تُسمى دورات. وكما هو مبين، فإن الدورات تبدأ بفيلز قلووي من اليمين وتنتهي بفيلز نبيل عن اليسار. إن ذرات العناصر، في بداية كل دورة تحوي إلكترونًا واحدًا فقط في الغلاف الخارجي؛ وفي نهاية الدورة يكتمل هذا الغلاف بشمانية إلكترونات. أما العناصر المتواجدة في الأعمدة القائمة، وتدعى مجموعات، فتحوي ذراتها العدد نفسه من الإلكترونات في غلافاتها الخارجية؛ لذا فإن لها التكافؤ نفسه وخصائصها الكيميائية متماثلة.

### الجدول الدوري



تتألف المجموعة ١٤ من: الكربون (ك) والسليكون (س) والجرمانيوم (جر) والقصدير (ق) والرصاص (ص)

تتألف الدورة ٢ من: الصوديوم (ص) والمغنيسيوم (مغ) والألمنيوم (لم) والسليكون (س) والفوسفور (فو) والكبريت (كب) والكلور (كل) والارجون (غر)

عدد الإلكترونات لكل عنصر يساوي لعدده الذري.

### الفيلزات والأفيلزات

إن معظم العناصر الكيميائية هي من الفيلزات. أما الأفيلزات فتشغل مثلًا في يسار الجدول الدوري؛ وتقع بينهما أشباه الفيلزات التي لها بعض خصائص الفيلزات وبعض خصائص الأفيلزات. هنالك اختلافات كبيرة متعددة بين الفيلزات والأفيلزات، فالأفيلزات جوايد (ما عدا الزئبق، فهو سائل)، وهي موصلات جيدة للحرارة والكهرباء، وذات درجات انصهار وغليان عالية غالبًا؛ كما تكون أيونات موجبة تدعى هوابط (كاتيونات) عندما ترتبط مع عناصر أخرى. أما الأفيلزات فتعظمها غازات ذات درجات انصهار وغليان منخفضة، وهي ليست موصلات جيدة، ما عدا الكربون؛ كما تكون أيونات سالبة تدعى صواعد (أنيونات) عندما ترتبط مع عناصر أخرى.

ذرة الكربون لها غلافان

### المجموعة نزولاً

تظهر علاقة المجموعة بكل وضوح في بعض المجموعات، كما في المجموعة ١ (الفيلزات القلوية)، والمجموعة ٢ (فيلزات الأتربة القلوية)، والمجموعة ١٨ (الغازات النبيلة)؛ فالعناصر متماثلة في المظهر وفي التفاعلية (أي قابلية الترابط). أما في مجموعات أخرى كالجموعة ١٤، فالخصائص الكيميائية تبقى متماثلة، لكن العناصر تتغير من لافيلزية في أعلى المجموعة إلى فيلزية في أسفلها. فالكربون (ك) لافيلز نموذجي؛ والسليكون (س) والجرمانيوم (جر) كلاهما شبه فيلز؛ أما القصدير (ق) والرصاص (ص) فيكلاهما فيلزان.

ذرة الزئبق لها ستة غلافات

في ذرة السليكون من المجموعة ١٤، هنالك ١٤ إلكترونًا، أربعة منها في الغلاف الخارجي.

في ذرة الألمنيوم من المجموعة ١٣، هنالك ١٣ إلكترونًا، ثلاثة منها في الغلاف الخارجي.

في ذرة المغنيسيوم من المجموعة ٢، هنالك ١٢ إلكترونًا، اثنان منها في الغلاف الخارجي.

في ذرة الصوديوم من المجموعة ١، هنالك ١١ إلكترونًا، واحد منها في الغلاف الخارجي.

### تناقص الحجم

يقل عدد الغلافات نفسه عبر الدورة؛ لكن يتناقص حجم الذرة بترادى عدد الإلكترونات. وذلك لأن زيادة البروتونات في النواة تزيد جاذبيتها للإلكترونات نحوها.

### غير الدورة (أفقيًا)

بالانتقال عبر الدورة من اليمين إلى اليسار، يترادى عدد الإلكترونات إلكترونًا واحدًا مع كل عنصر؛ ويظهر تغير تدريجي في الخصائص الكيميائية. ففي الدورة ٣، تتغير العناصر من الصوديوم (ص)، الفيلز، غير السليكون (س)، شبه الفيلز، إلى الأرجون (غر)، الأفيلز. وتتغير العناصر من مكونات هوابط (كاتيونات) إلى مكونات صواعد (أنيونات).

يترادى عدد الغلافات، نزولاً، غلافًا واحدًا مع كل عنصر، غلافًا أن العدد الأقصى لهذه الغلافات في الذرة هو سبعة. أما عدد الإلكترونات في الغلاف الخارجي لأي عنصر في المجموعة الواحدة فهو دائمًا نفسه لجميع عناصرها.

في ذرة الكبريت من المجموعة ١٦، هنالك ١٦ إلكترونًا، ستة منها في الغلاف الخارجي.

في ذرة الكلور من المجموعة ١٧، هنالك ١٧ إلكترونًا، سبعة منها في الغلاف الخارجي.

في ذرة الأرجون من المجموعة ١٨، هنالك ١٨ إلكترونًا، ثمانية منها في الغلاف الخارجي.

### لزيد من المعلومات انظر

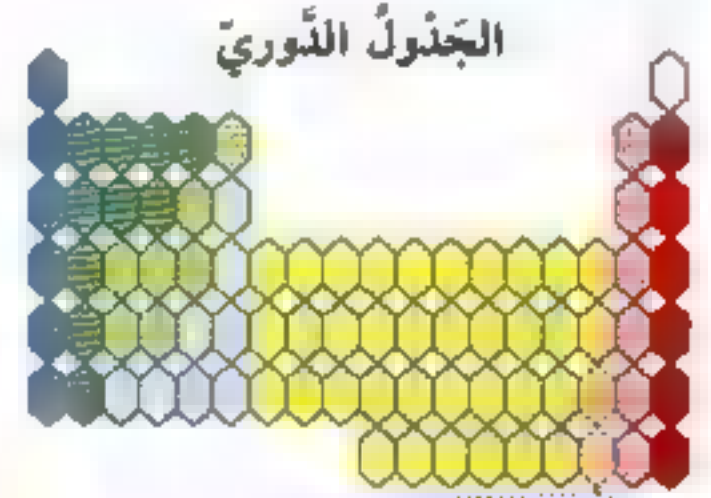
- البنية الذرية ص ٢٤
- الترابط الكيميائي ص ٢٨
- العناصر ص ٣١
- الفيلزات القلوية ص ٣٤
- أشباه الفيلزات ص ٣٩
- الغازات النبيلة ص ٤٨
- سلسلة التفاعلية ص ٦٦
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٢





# الفِلِزَّاتُ القِلْوِيَّة

أكثرُ عناصرِ المجموعة ١، من الجدولِ الدَّوريِّ، شيوعًا هو الصوديومُ أحدُ مُكوِّنِي مِلْحِ الطعام. وتُدعى عناصرُ هذه المجموعة الفِلِزَّاتُ القِلْوِيَّة، لأنها تتفاعلُ مع الماء لتكوِّن محاليلَ قِلْوِيَّة. البوتاسيوم، أحدُ مَقَوِّمات الأسمدة المعروفة مثل كبريتات البوتاسيوم ونترات الشيلي، هو عنصرٌ آخرُ في هذه المجموعة. ومن عناصرِ هذه المجموعة أيضًا الليثيوم الذي تُستخدمُ مركباته طبيًّا في معالجة حالات الاكتئاب الهوسيِّ العُصابيَّة. كما يُمزجُ الليثيوم مع الألومنيوم في سبائك خفيفة متينة تُستخدمُ في بناء الطائرات. وجميعُ الفِلِزَّات القِلْوِيَّة ذات لونٍ أبيض فضيٍّ، وتزايد تفاعلُها نزولًا إذ يحوي الغلاف الخارجيُّ لذراتها إلكترونًا واحدًا يتناقصُ انجذابُه إلى النواة من أعلى المجموعة إلى أسفلها.

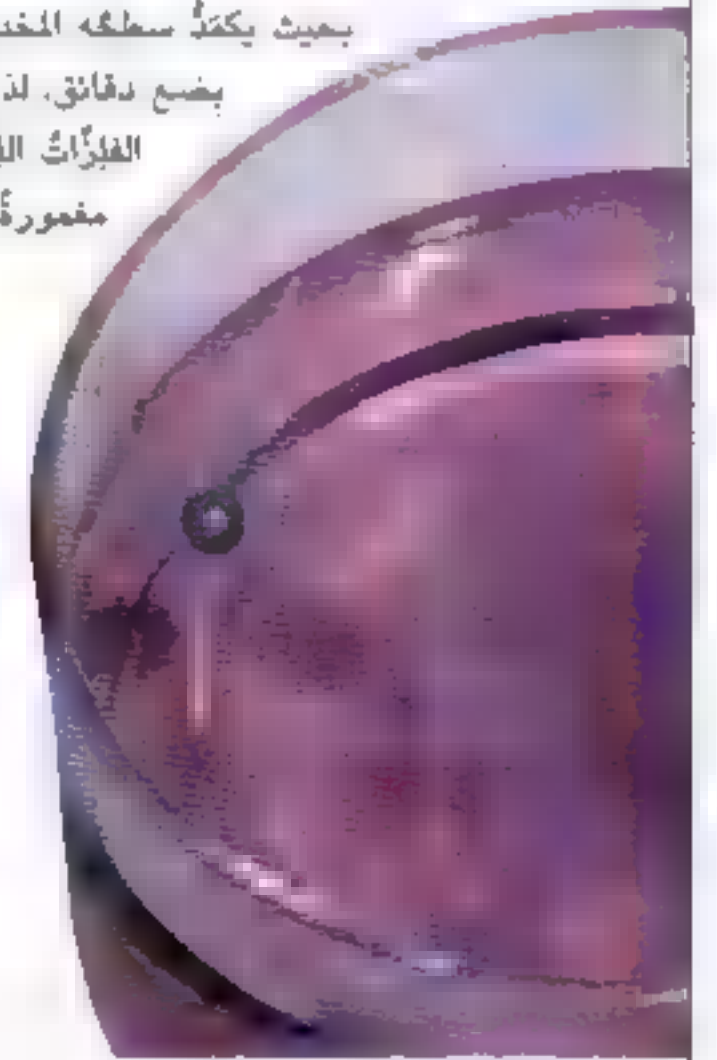


تتألفُ المجموعة ١ من: الليثيوم (لث) والصوديوم (ص) والبوتاسيوم (بو) والروبيديوم (بيد) والسيزيوم (سز) والفرانسيوم المُشعِّع (فر)

جميعُ الفِلِزَّات القِلْوِيَّة لينةٌ بحيثُ تقطعُ بالسكين.



يتفاعلُ الصوديومُ بشرعةٍ مع أكسجين الهواء بحيثُ يكتسبُ سطحه المخدوش في بضع دقائق، لذا تُحفظُ الفِلِزَّاتُ القِلْوِيَّة مغمورةً في الزيت.



## صِناعَةُ الصَّابُون

يُصنعُ الصَّابُونُ الجامد (أو السائل) بإغلايِّ الدُّخَانِ مع هيدروكسيد الصوديوم (أو البوتاسيوم). ويُعتقدُ أنَّ المصريِّين القَدَماء كانوا أوَّلَ من صنع الصَّابُون.

## مَصَابِيغُ الصَّوْدِيُومِ

تُوخَّعُ مصابيحُ الشوارع يَلَوْنُ أصفرَ برتقاليٍّ زاهٍ لأنها تحوي بخارَ الصوديوم الذي يُصدرُ هذا اللون عند مُرورِ الكهرباء غِزْرَةً كما تُعطي مُرْتَبَات الصوديوم لونًا مُماثلًا عندما تُعرضُ لِلْهَب.

يتفاعلُ البوتاسيوم أيضًا مع أكسجين الهواء، وبشرعةٍ أكثر من الصوديوم.

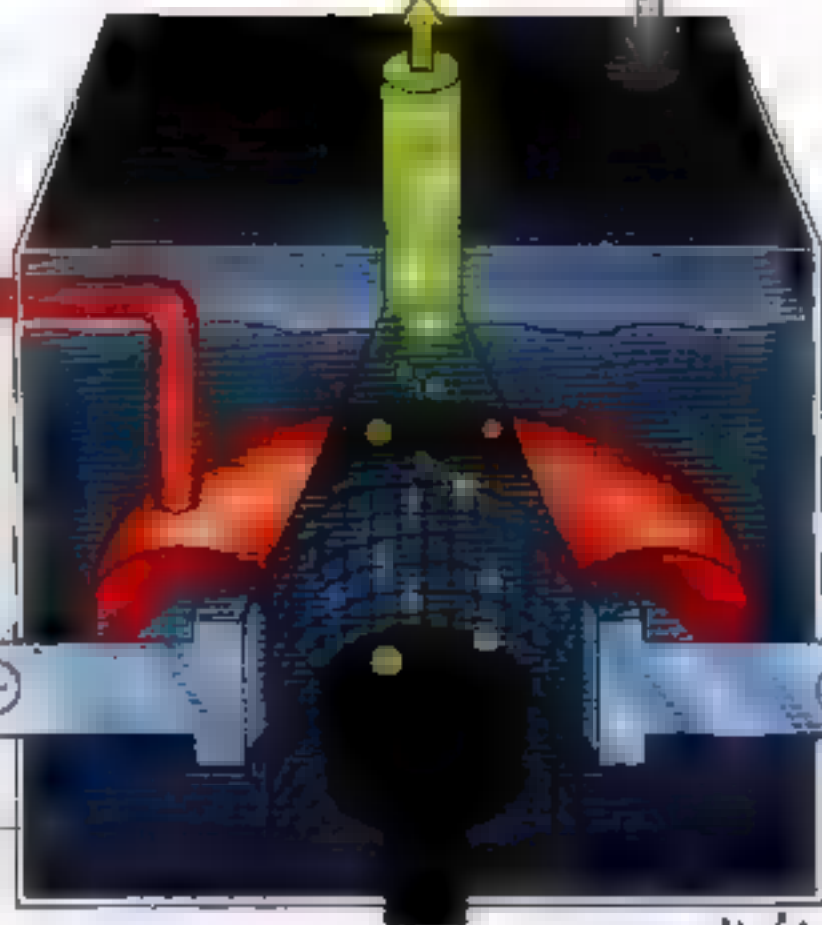


## التفاعلُ مع الماء

تتفاعلُ قطعةٌ من البوتاسيوم مع الماء بقوةٍ شديدة بحيثُ تُذَوِّمُ أَرَقَّةً فوقَ كاملِ السطح مُكوِّنةً فقاعاتٍ من غازِ الهيدروجين الذي يشتعلُ بلهبٍ أزرقٍ مُرْتَفَعٍ. ويُنتجُ هذا التفاعلُ هيدروكسيد البوتاسيوم الذي يُحوِّلُ الماء إلى محلولٍ قِلْوِيٍّ، ويُسخِّنُ الماءَ بِحَرَارَةِ التفاعل. وتتفاعلُ جميعُ الفِلِزَّات القِلْوِيَّة مع الماء بشكلٍ مُماثلٍ، لكنَّ الروبيديوم والسيزيوم يتفجَّران عند ملامستهما.

التغذية بـكلوريد الصوديوم، ينبعثُ غازُ الكلور.

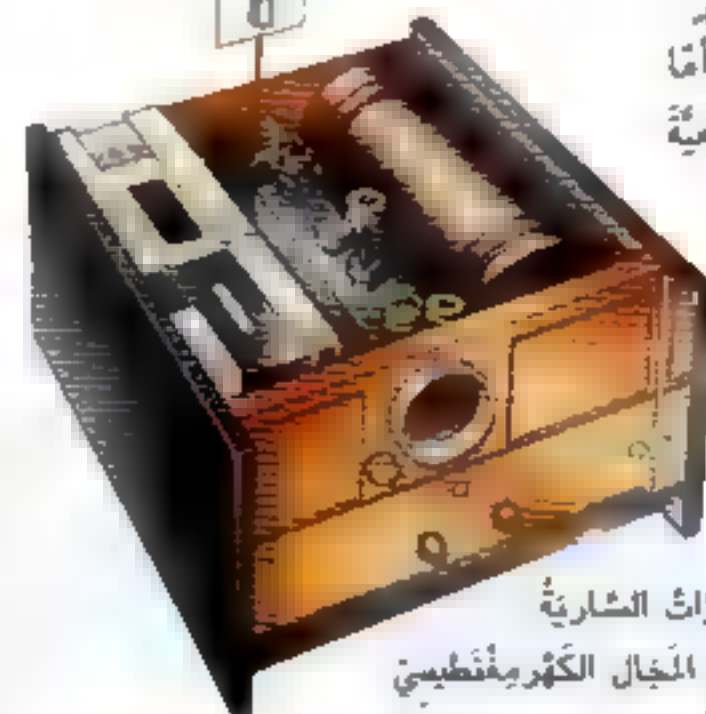
يُسخَّنُ الصوديوم المُتَصَهَّرُ من هُنا. كلوريد الصوديوم المُتَصَهَّر. يتجمَّعُ الصوديوم حولَ مُهَبِّط (كاثود) أسطوانتيٍّ من الفولاذ. يتجمَّعُ الكلور حولَ مُصَفِّحٍ (أنود) من الفرافيت.



## إِسْتِخْرَاجُ الصَّوْدِيُومِ

يُستخرجُ الصوديومُ من مِلْحِ الطعام (كلوريد الصوديوم) باستخدام خليةٍ دَاوْن. يُخَمَّى المِلْحُ إلى ٨٠٠°س حتى يتصهَّر، ويسري التيارُ الكهربائيُّ في المِلْحِ المُتَصَهَّرِ غيرَ مُصَفَّى (أنود) من الفرافيت ومُهَبِّط (كاثود) من الفولاذ؛ فيتخلَّلُ المِلْحُ إلى عنصري الصوديوم والكلور. هذه العملية تُدعى عمليةُ الكَهْرَلِزة (التحليل الكهربائي)؛ وكان الشير هَفْمَنْ دِيكِي (١٧٧٨-١٨٢٩) أوَّلَ من إستَخدمها.

يُخَمَّى السيزيوم لابتعاثِ ذراته.



الذراتُ الشارئةُ غيرُ المُجالِ الكَهْرِمَغْنَطِيَّيْنِ تُبَيِّنُ القراءات على الساعة.

## سَاعَةُ السِّيزِيُومِ الذَّرِيَّة

تُضبطُ السَّاعاتُ العاديةُ الوقتَ بعدَ نوعٍ من الإيقاع المُتَظَمِّم كخَطَران البَتْدُول؛ أمَّا السَّاعاتُ الذَّرِيَّةُ «تَقْعُدُ» الذَّبذِبَاتِ الطَّبِيعِيَّةَ لِذَرَّاتِ السِّيزِيُوم. وهذه الذَّرَّاتُ تُحْدِثُ ٧٧٠ ٦٣١ ١٩٢ ٩ ذبذبةً في الثانية؛ لذا، فإنَّ ساعات السِّيزِيُومِ الذَّرِيَّةَ يُمْكِنُها أن تقيسَ الأجزاءَ من الثانية بِكُلِّ دِقَّةٍ. وتُتَبَيَّنُ ذَبذِبَاتُ ذَرَّاتِ السِّيزِيُوم بِمُساعدَةِ مَجالٍ كَهْرِمَغْنَطِيَّيٍّ.

## لمزيد من المعلومات انظر

- الترابط الكيميائي ص ٢٨
- الجدول الدوري للعناصر ص ٣٢
- الكَهْرَلِزة (التحليل الكهربائي) ص ٦٧
- القِلْوِيَّات والقواعد ص ٧٠
- الكيمياء الزراعية ص ٩١
- صناعة القِلْوِيَّات ص ٩٤
- الكَهْرِمَغْنَطِيَّيَّة ص ١٥٦
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٢



# فلزات الأثرية القلوية

أشهر عناصر المجموعة ٢ من الجدول الدوري هو الكالسيوم، ويوجد في الطباشير والحليب والعظام وغيرها. وتدعى عناصر هذه المجموعة فلزات الأثرية القلوية لأنها جميعها تتفاعل مع الماء فتكون محاليل قلوية؛ كما إن مركباتها متوافرة في الطبيعة على نطاق واسع. فالبريليوم، مثلاً، يتواجد في الحجارة شبه الكريمة كالزمرّد والزبرجد. والراديوم هو العنصر المشع الذي اكتشفته ماري كوري؛ كما إن أحد نظائر السترونشيوم، السترونشيوم-٩٠، هو أحد المكونات الخطرة للسفط النووي، لكنه يُستخدم أيضاً في معالجة سرطانات الجلد. وجميع فلزات الأثرية القلوية ذات لون أبيض فضي في حال النقاوة؛ وخصائصها الكيماوية شبيهة بخصائص الفلزات القلوية، لكنها أقل تفاعلية؛ والغلاف الخارجي لذراتها يحوي إلكترونين.

## الجدول الدوري



تتألف المجموعة ٢ من البريليوم (بي) والماغنسيوم (مغ) والكالسيوم (كا) والسترونشيوم (سر) والباريوم (با) والراديوم (د) المشع.

## ألوان الأسهم النارية

الألوان الزاهية التي نشاهدها في المفزعات الاستعراضية تُنتجها بصورة رئيسية فلزات الأثرية القلوية. فالمغنسيوم يُستخدم في بعض الأسهم النارية ليولد الضوء الأبيض الساطع، كما إن مركبات السترونشيوم تُنتج الألوان القرمزية، وتولّد مركبات الباريوم اللون الأخضر بظلاله المختلفة.

## السياتك الخفيفة

يُستخدم المغنسيوم على نطاق واسع في سياتك هياكل الدراجات. من مميزات هذه السياتك أيضاً فلزات أخرى، كالألومنيوم والخرصين (الزّنك)، تجعلها خفيفة ومتينة.



الينخضور يكتسب النباتات لونها الأخضر.



## المغنسيوم الحيوي

الينخضور (الكلوروفيل) ضروري جداً للنباتات في عملية التخليق الضوئي (التصنيع الكربوهيدرات). فالينخضور يحوي مركبات المغنسيوم التي تساعد النبات في أسر الطاقة الشمسية ليقوم بعملية التخليق.

يوجد الينخضور في البلاستيدات الخضراء، وهي جسيمات دقيقة في خلايا النبات.

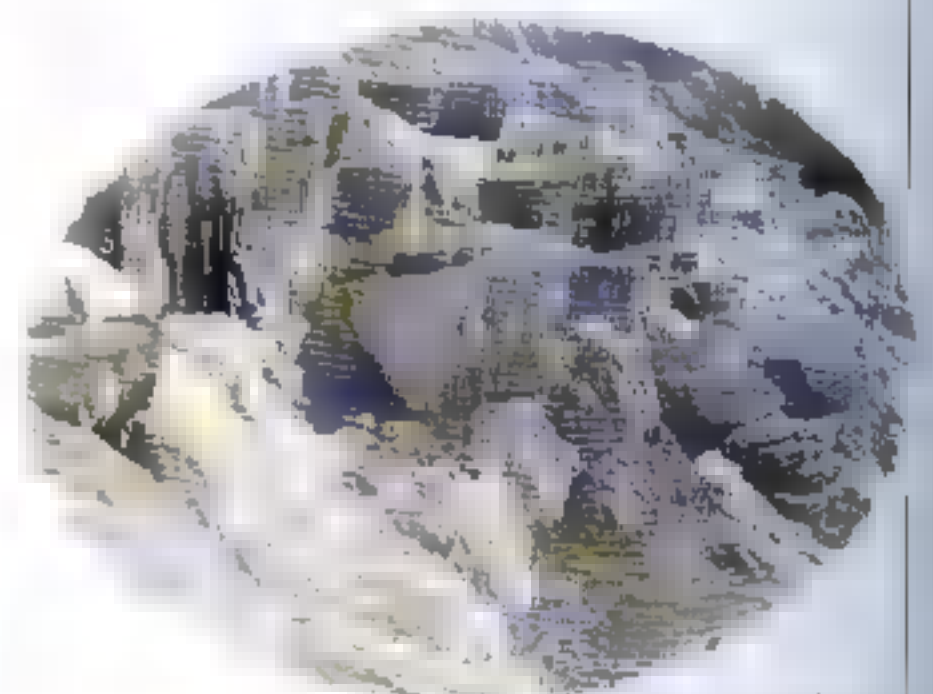
## كالسيوم العظام

الكالسيوم عنصر قوامي رئيسي في العظام حيث يوجد فيها مركبات كسفات الكالسيوم. وهذه تكتب العظام صلابة لتبني هيكلية الجسم وتقي أجزائه الأخرى.



## وجبة الباريوم

يُعطى بعض المرضى في المستشفيات «وجبة» تحوي كبريتات الباريوم قبل التصوير بالأشعة السينية (أشعة إكس). وهذا المركب غير مُنفذ لأشعة إكس - مما يظهر الجهاز الهضمي بوضوح على الصورة؛ فيُسّر للأطباء تشخيص الحالة وتحديد العلة.



## شلالات طباشيرية

في ينابيع باثوكال الحارة بتركيا يُفقّ الماء الساخن متصاعداً نحو السطح لينساب شلالات فوق الصخور المكثفة. فإذا كان محلول الماء من الطباشير الذوّابة (بيكربونات الكالسيوم) وفيراً، يأخذ هذا بالتروّس بعد تبخّر الماء ذلّوات (ج. ذلّة) من الطباشير غير الذوّابة (كربونات الكالسيوم).

## لمزيد من المعلومات انظر

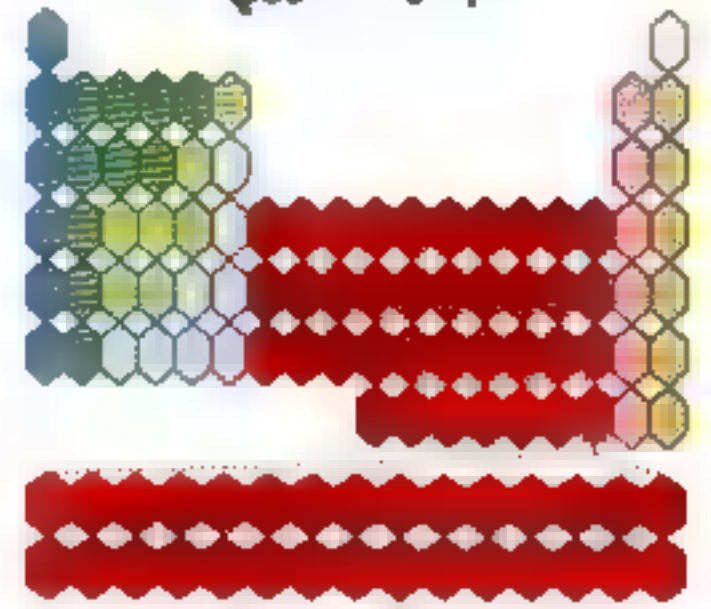
- الجدول الدوري للعناصر ص ٣٢
- المركبات والمزيجات ص ٥٨
- القلويات والقواعد ص ٧٠
- التخليق الضوئي ص ٣٤٠
- الهياكل الداعمة ص ٣٥٢
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٢



# الفِلِزَّاتُ الْإِنْتِقَالِيَّةُ

الحديد والنيكل والفضة والذهب فلزّات نموذجية، وهي بَرّاقَة صُلْدَة مَتيْنَة، ومُوصِّلات جيْدَة للحرارة والكهرباء، وذات درجات انصهار عالية. وهي، في الجدول الدوري للعناصر، مع معظم الفلزّات النموذجية الأخرى، تولّف كتلة مركزية من العناصر تُدعى الفلزّات الانتقالية. إنّ كلّاً من هذه العناصر شبيه جداً بالعناصر التي تُجاوره في الجدول الدوري. وبالإضافة إلى كونها فلزّات نموذجية، فللعناصر الانتقالية خصائص أخرى مُشتركة. فالكثير منها ذو تكافؤ مُتغيّر، والكثير منها حفازات تفاعل جيْدَة، كما إنّها تشكّل سبائك مَتيْنَة مع فلزّات أخرى، والكثير من مركّباتها مُلوّن.

## الجدول الدوري



هناك كثرة من الفلزّات الانتقالية؛ بعضها معروف مألوف والبعض الآخر نادر جداً. وتتضمّن الفئة الأكثر شهرة الحديد (ح) والكوبلت (كو) والنيكل (ني) والنحاس (نح) والخرصين (خ) والفضة (ف) والكاديوم (كد) والتنجستن (تن) والبلاتين (بت) والذهب (ذ) والزنك (زق).



## شمعة إشعاع

يُصنّع الجسم الرئيسي والإلكترود السطلي لشمعة الإشعاع (بالشرز) من الحديد. أما الإلكترود الأوسط فيصنّع غالباً من سبائك النحاس.

تُصنّع نوابض التعليق من الفولاذ الذي يحوي نسبة مئوية عالية من الكربون، وهو يصدّد ويُعالج بالحرارة لزيادة قوّته ومقاومته.

يُصنّع بدّل المحرك (الذي يحوي الأسطوانات حيث يُلقب مزيج الوقود) من حديد الصلب، وهو يحوي نسبة مئوية عالية من الكربون وشوائب أخرى. كما إنّ رخيصة الثمن ومقاومة جيّد للصدمات.

يُحوي المُولّد، وهو جهاز توليد الكهرباء في السيارة، ملفات من أسلاك النحاس الرفيعة. وفي أماكن أخرى من السيارة، مثل بيلع طول أسلاك النحاس التي تُوصّل شقوماتها الكهربائية حوالي ١٠٠ متر.

تُصنّع نوابض الصمامات، التي تحكم صمامات تنظيم تزيان مزيج الوقود، من الفولاذ المزوج بالكروم والفاناديوم لكي تصدّد لدرجات الحرارة المرتفعة، وتُدوم لفترة أطول.

## الفِلِزَّاتُ الْإِنْتِقَالِيَّةُ فِي السَّيَّارات

السيارة مثل جيّد على شيء مُصنّع من فلزّات انتقالية عديدة. فهيكّلها يتألّف من الفولاذ المطاوع، وهو حديد به قليل من الكربون. ويحوي الفولاذ أيضاً مقادير ضئيلة من المنغنيز لتحسين نوعيته ومقاومته. وقد يُغلّف الهيكل الفولاذي (أي يُطلّى بالزنك) لوقيته من الصدأ.

تُصنّع دعامات السيارات غالباً باستخدام مركّبات الفلزّات الانتقالية. فقد يحوي الدهان الأبيض ثاني أكسيد التيتانيوم؛ والدهانان الأحمر والأصفر قد يحويان كبريتيدات الكاديوم.

يُطلّى عاكس المصباح الأمامي غالباً بالكروم. فيه تتبلم الطلقة النهائية الصلبة والصلبة فوق طبقات أساس من النيكل والنحاس.

تُحوي بُصيلة مصباح الإضاءة قتيلاً من التنجستن الذي يحتفظ بمقاومته على درجات حرارة الإضاءة (حوالي ١٦٠٠°س)، ويدوم طويلاً.

يُستخدم الفولاذ الذي لا يصدأ، وهو حديد مُوشّب بالكروم والنيكل، للأخفاف في أماكن مختلفة؛ كما يُستخدم في صنع أنابيب الانفلات أحياناً.

## الخرصين (الزنك)

يُستخدم الخرصين كثيراً في البطاريات. فهو يُشكّل الغلاف الخارجي في البطاريات الجافة

كبطاريات مصابيح الجيب. أما بطارية الزنك الفُرسية الصغيرة، فالخرصين في دواخلها.

بطارية عادية منزوعة البطاقة الخارجية لتيّان الغلاف الخرصيني.



بطارية من النوع الذي تجده داخل بعض المتعلات.

## الفِلِزَّاتُ الْمِفْتَظِيَّةُ

الحديد والكوبلت والنيكل يمكن مُغنطتها بقوّة. المغناطيس الكهربائي ذات قلب من الحديد

المطاوع يتمنّط بقوّة عند (مرار الكهرباء في الملفات التي تُحيط به. وتُستخدم المغناطيس الكهربائي لنقل فضالات الحديد الهائلة والحُرّة، فنُقل هذه الفضالات عند وصل الدارة الكهربائية وتُنفّط عند قطعها.

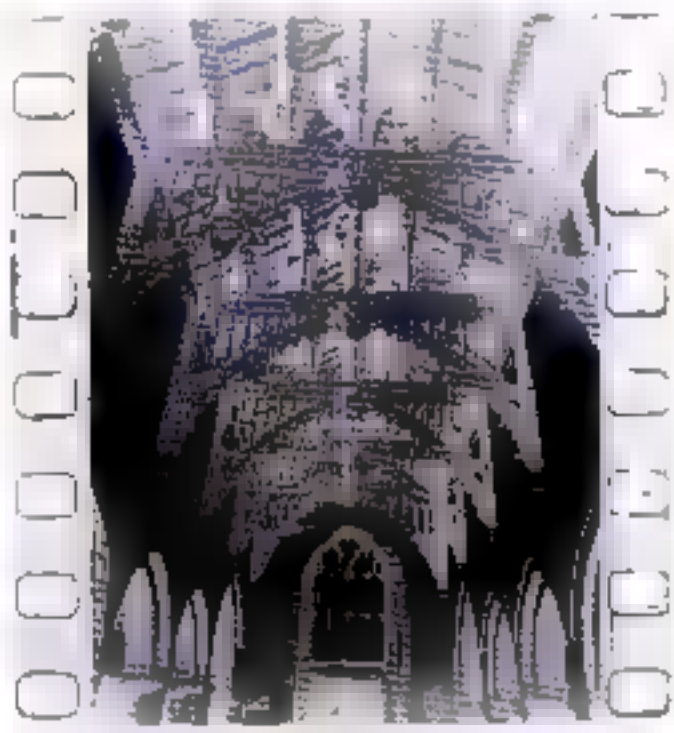
## الحديد ضروري للحياة

بعض المركّبات الحاوية الحديد ضرورية للكائنات الحيّة. ففي الثّياب، تُسهم مركّبات الحديد في تكوين اليخضور (الكلروفيل) الأساسي في عملية التخليق الضوئي. وفي اللّيونات يتواجد الحديد في هيموغلوبين (يُحمّور) كريات الدم الحمراء؛ وهو يحمل الأكسجين إلى مُختلف أنحاء الجسم.



مُلفوف أخضر خلايا الدم الحمراء





### الفضة

الفضة فلزٌ ثمين، استخدم في صناعة الحلي منذ آلاف السنين. ويستخدم اليوم على نطاق واسع في صناعة التصوير الفوتوغرافي، لأن مركباته مع الكلور والبروم واليود حساسة جداً للضوء، وهي تولّد المقومات الفعالة على سطح الأفلام الفوتوغرافية. تتأثر مركبات الفضة كيميائياً بالضوء وتتغير؛ ويستبان هذا التغير في عملية التطهير حيث تحول مركبات الفضة المتأثرة بالضوء إلى فضة نقية تولّد خيائتها الصغيرة مناطق السلبية الفوتوغرافية الغامضة.

### البلاتين

البلاتين فلزٌ نقيس يُستخدم في صناعة الحلي كما الذهب والفضة. ونمود نفاسته إلى كونه نادراً وجذاباً كما أنه لا يصدأ ولا يئلى؛ لذا يُستخدم أيضاً في صناعة الالكترونيات والذرات الإلكترونية - التي لن تعمل كما ينبغي إذا صيدت أسلاكها أو اشككت. أما الاستعمال الرئيسي للبلاتين في الصناعة فهو كحفاز كيميائي يُسرّع التفاعلات الكيميائية كما في تكسير المنتجات النفطية.



يتألف هذا  
الإلكتروني  
المزيج الصغير  
من البلاتين.  
وهو فعال يدوم طويلاً  
ولا يصدأ.

### الفلزات الطبيعية التواجد

معظم العناصر لا يتواجد طبيعياً (في حالة النقاوة) في قشرة الأرض، ما خلا بعض الفلزات الانتقالية، كالنحاس والفضة والذهب والبلاتين. وقد قلّ الذهب على مدى القرون أكثر الفلزات نقاسة؛ فهو أحد العناصر الأقل تفاعلية كيميائياً في الجدول الدوري. وفي الصورة المقابلة سبائك ذهبية نقاوتها ١٠٠٪ تقريباً، وهي لا تفقد بريقها أبداً.



ترقّم السبائك  
الذهبية لأسباب  
أمنية.

صورة ملونة

باشعة أحمر لفصل  
الزرك النيتانيومي  
مُثبتاً في مكانه.

مفصل الزرك النيتانيومي هذا لن  
يتفاعل كيميائياً مع ما يحيط به من  
الانسجة حيث يُثبت في مكانه.



### التيتانيوم

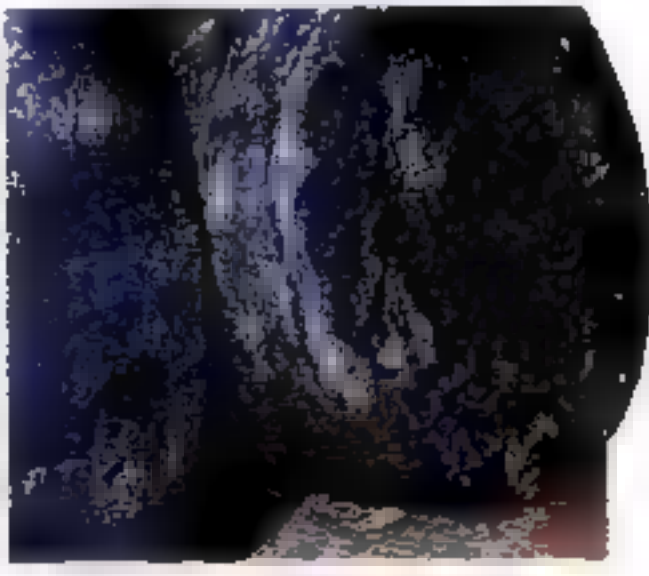
التيتانيوم فلزٌ قوي عديم التفاعلية. لذا فهو يُستخدم لاستبدال مفاصل الزرك ولأجزاء أخرى تُعرّض في الجسم برأب أو استبدال العظام المعطوبة.

لمزيد من المعلومات انظر
النشاط الإشعاعي ص ٢٦
الحفازات ص ٥٦
الحديد والفولاذ ص ٨٤
السبائك ص ٨٨
الأصباغ والخضب ص ١٠٢
الطاقة النووية ص ١٣٦
الكهرمغناطيسية ص ١٥٦
التصوير الفوتوغرافي ص ٢٠٦
حقائق ومعلومات ص ٤٠٢

### السلسلة الانتقالية الداخلية

قسم من السلسلة الانتقالية للفلزات، هو السلسلة الانتقالية الداخلية، يتألف من دورتين في الجدول الدوري هما اللانثانيدات، التي للثانيوم أول عناصرها، في الدورة ٦، والأكتييدات، التي يصدّرها الأكتينوم، في الدورة ٧. إن للعناصر ضمن كل من هاتين المجموعتين خصائص كيميائية متماثلة؛ فاللانثانيدات متماثلة إلى حد يجعل الكيميائيين يجدون صعوبة في التفريق بينها. والأكتييدات كلها مُشعة، بالإضافة إلى كونها خصائصها متماثلة.

اليورانسيوم



### اليورانسيوم المنقى

اليورانسيوم أشهر الأكتييدات، فهو الوقود المستخدم في المفاعلات النووية. يُستخرج اليورانسيوم من البشيلند؛ ويجري تعدين هذا الخام بمراقبة وجرح شديد.

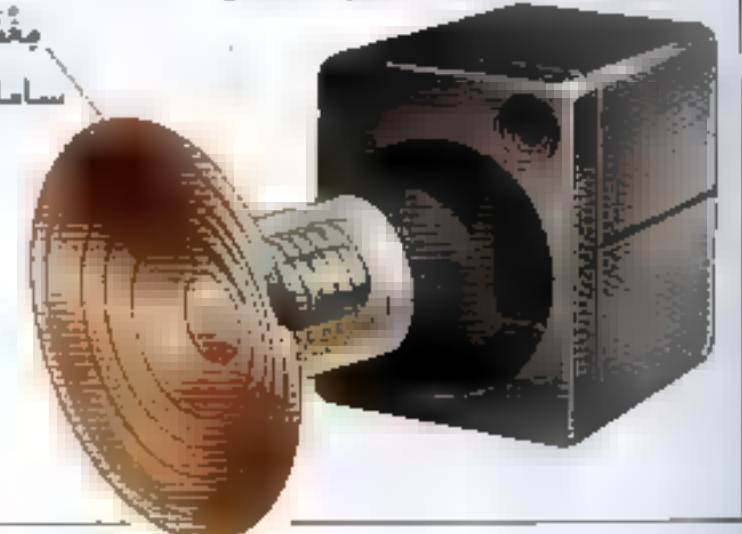
### بطاريات غاليليو

الساير الفضائي الأمريكي، غاليليو، المُشجّه نحو المشتري، مزوّد ببطاريات نووية (تُدعى مولّدات كهروحرارية بالنظائر المشبعة) يمدّها البلوتونيوم بالطاقة اللازمة.

### الساماريوم في المغناطيسات

المغناطيسات في المجاهر تُساعد في بث الصوت. فالساماريوم، من اللانثانيدات، والكوبالت يتجان مغناطيسات قوية جداً تمكّن من صنع مجاهر أصغر كثيراً مُجهّزة بمغناط من فلين الغليزين.

مغناطيس  
ساماريومي

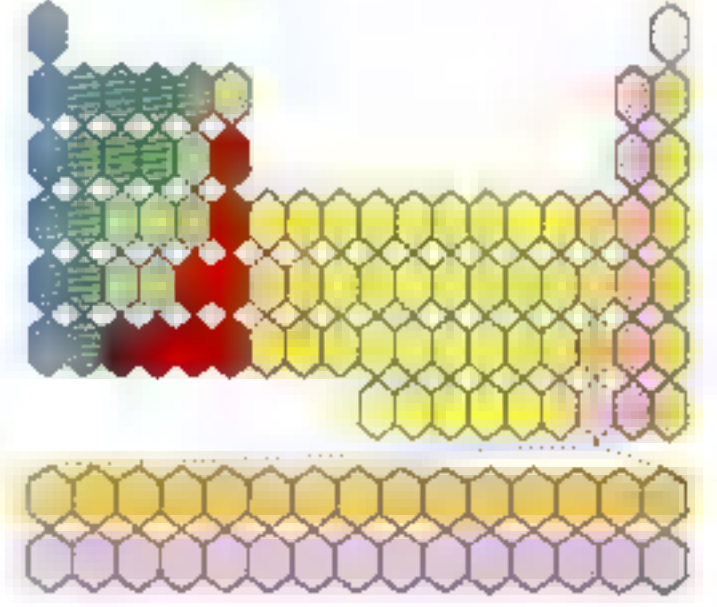




# الفِلِزَّاتُ الوَضِيعَةُ

بعض الفِلِزَّات رِخْوَةٌ ضَعِيفَةٌ مُقاوِمَةٌ شَدَّ سَهْلَةٌ الانصِهار؛ ورُغْمَ تسميتها بالوضعية فإنها عظيمة الفائدة. يُستخدَمُ الناسُ القصدير والرصاص مُنْذُ أقدم العصور لسهولة استخلاصهما من خاماتهما. وهما مُفيدان بخاصة في صنِّع السبائك؛ فالبرونز، وهو مزيج النحاس والقصدير، كان أوَّلُ السبائك التي صاغها الإنسانُ حوالي العام ٣٥٠٠ ق.م. وقد عُرفت سبائك اللُّحام والبيوتر (سبيكة الأواني المنزلية) القصديرية الرصاصية لاحقًا. واستخدَمَ الرومانُ القُدَامَى الرصاص، وهو أحدُ أكثف الفِلِزَّات الشائعة، في شبكات المياه، كما ما زلنا نستخدمه اليوم. لكنَّ استخدامَ الرصاص ينطوي على خطر التسمُّم إذ إنَّ سُمِّيَّتَهُ تراكمية في الجسم. ومن الفِلِزَّات الوضعية أيضًا الألومنيوم - أحدُ الفِلِزَّات الأخف (الأقل كثافة)، وهو سهل التشكيل ومقاوم للتأكسد.

## الجدول الدوري



الألومنيوم (لم)، الجاليوم (جا)، الإنديوم (ند)، الثاليوم (ثل)، القصدير (ق)، الرصاص (صا)، البيزموث (بزم) والبولونيوم (بن)



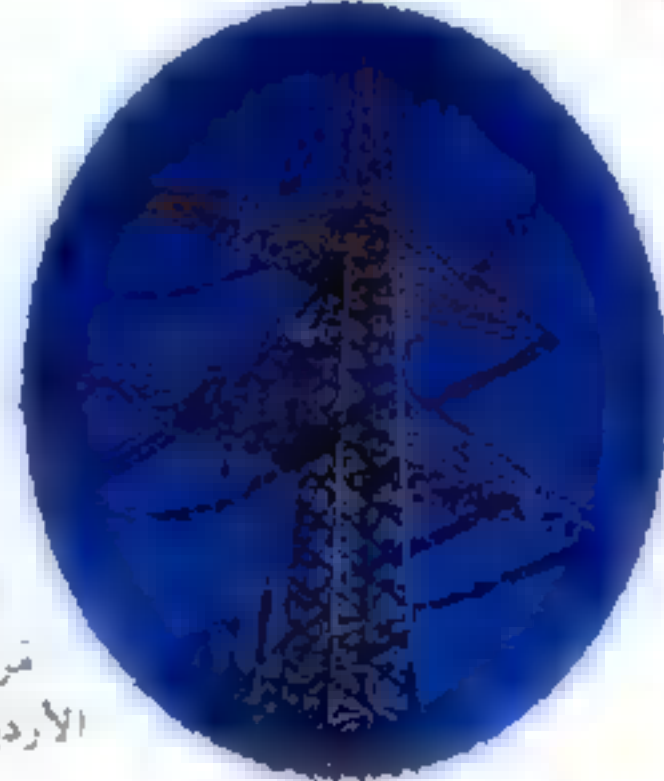
يُصنَّعُ ميكل الطائرة واسطحها من صفائح شريشة مفا من سبائك الألومنيوم، والألومنيوم يتفاعل بشريعة مع أكسجين الهواء مُكوِّنًا طبقة واقية تمنع استمرار التأكسد؛ لذا فهو لا يحتاج طبقة دهان تقيه من التآكل كالحديد.

خناق الطائرة اجوف غدا بصفة ماضلاع، تتبث أسطحه الألومنيومية الخارجية في مواقعها. وهذا يُخفِّف وزن الطائرة إلى الحد الأدنى.



## ثَقِيلُ كَالرَّصَاصِ

كثافة الرصاص عالية، لذا فهو حائل جيّد ضد الإشعاع. ويُستفاد من هذه الخاصية في المراكز النووية وأقسام الأشعة السينية في المستشفيات، حيث يلتبس العاملون مآزر مرصصة. تُخضَّر هذه المآزر بشي مزيج من مسحوق الرصاص مع مادة لينة للحصول على صفائح مرنة قابلة للانثناء. ومنها تُقَصَّ الأردية والمآزر بالشكل المناسب.



قد يتسبب خُذُّ الرصاص (من بندق الصيد) بتلوث الترابي؛ فالطير الذي تبتله تتسبب به تدريجيًا.

## الرَّجَاجُ المُرَصَّصُ

يريق البلور يتنج من إضافة أكسيد الرصاص إلى الزجاج. والرصاص أيضًا يُطَرِّي الزجاج البلوري فيسهل نقشه وحفر التصميم البراقة عليه.



## الاستخدامات الكهربائية

الألومنيوم مُوصِّل جيّد للكهرباء، وهو يُستخدَمُ في شبكات خطوط النقل الكهربائية العالية التوتر المحمولة على أبراج ضخمة في طول البلاد وعرضها. وهذه الخطوط (الكبوت) ذات قلب فولاذي يُكبسها متانة وقوة.

## عَلَبٌ مُقَصِّرَةٌ

يُستخدَمُ القصدير الثَّقِي على نطاق واسع في طلاء الفولاذ لِصُنْعِ صفائح الضاج إما بغمره في القصدير المُنصهر أو بالكهرلة (التحليل الكهربائي). عَلَبُ التناك العادية تُصنَّع من صفائح الضاج، أما غالبية عَلَبُ المشروبات فتُصنَّع من الألومنيوم.



## سبائك القصدير والرصاص

يُستخدَمُ البيوتر، سبيكة القصدير والرصاص، في صنِّع الأباريق المعدنية والزخارف. أما سبائك اللُّحام فمزيج مختلف من القصدير والرصاص يُستخدَمُ في لحام الفِلِزَّات لِوَضْعِ الأنابيب والدُّارات الكهربائية.



للقصدير شكلان أبيض ورمادي. ويتحوَّل الشكل الأبيض إلى الشكل الرمادي السحوق على درجات الحرارة الخفيفة. وقد عُرفت الحضارات القديمة القصدير، وجرى سبكه مع النحاس لإنتاج البرونز واستخدَمَ البرونز في صناعة الخيل وفي صناعة الأدوات لاحقًا.

## لمزيد من المعلومات انظر

- البنية الذرية ص ٢٤
- الجدول الدوري للعناصر ص ٢٢
- سلسلة التفاعلية ص ٦٦
- الكهرلة (التحليل الكهربائي) ص ٦٧
- الألومنيوم ص ٨٧
- السبائك ص ٨٨
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٢



# أشباه الفلزات

معظم العناصر الكيماوية ذو خصائص معينة تميزه وتحدد وضعه مع الفلزات أو مع اللافلزات. لكن بضعة منها ذات خصائص تضعها بين بين، وهي المعروفة بأشباه الفلزات أو شبه الموصلات. فالزرنيخ، مثلاً، فلزي المظهر لكنه موصل رديء للحرارة ولل كهرباء؛ وهو، كما اللافلزات، يكون مركبات مع كثير من الفلزات. ويستخدم الكثير من أشباه الفلزات في السبائك، فالسليكون، مثلاً، هو أحد أهم المقومات المضافة إلى الحديد لصنع الفولاذ، والإنجيد (الأنيمون) يشكل جزءاً من سبيكة محاميل الكريّات.

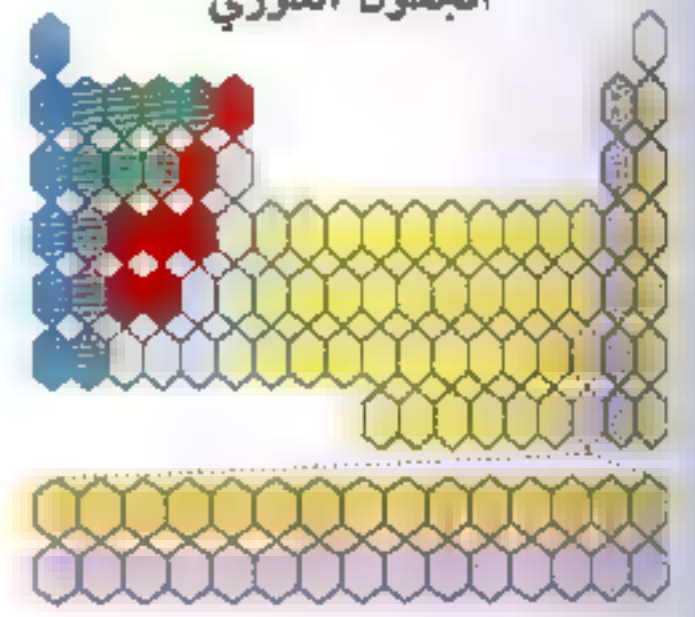
أما الاستخدام الأهم لأشباه الفلزات فهو في أشباه الموصلات المستعملة حالياً في صنع الرقاقات الصغرى ومقومات إلكترونية أخرى.



## السليكات

السليكون هو أكثر العناصر الجامة وفرة في مادة الأرض. وأكثر تواجد على شكل مركبات متحدة، تدعى السليكات، في الصلصال والصخور، والبيرة أعلا، هي من سليكات الألومنيوم والبوتاسيوم، المعروفة بالفلسبار، أحد أوسع معادن الأرض انتشاراً.

## الجدول الدوري



البورون (ب)، السليكون (س)، الجرمانيوم (ج)، الزرنيخ (ز)، الأنيمون (ن)، السليكون (سل) والتوربيوم (تل)



هذه الخلايا الشمسية مصنوعة من أشطوان سيليكونية مضغوطة.

## الخلايا الشمسية

تضم السوائل غالباً لتبقى في الفضاء سنوات عديدة. والبطاريات العادية لا تدوم طويلاً، فهي بالتالي لا تصلح لهذه السوائل. لذا تستخدم بطاريات كبيرة من البطاريات الشمسية. وهذه البطاريات الشمسية تحوي ألواحاً من خلايا السليكون الدقيقة، التي تحول طاقة ضوء الشمس مباشرة إلى كهرباء. وتوضع البطاريات بحيث تظل دوماً في مواجهة الشمس؛ ومع دوران السائل حول الأرض، يمكن تحويل الكمية القصوى من ضوء الشمس إلى طاقة كهربائية.

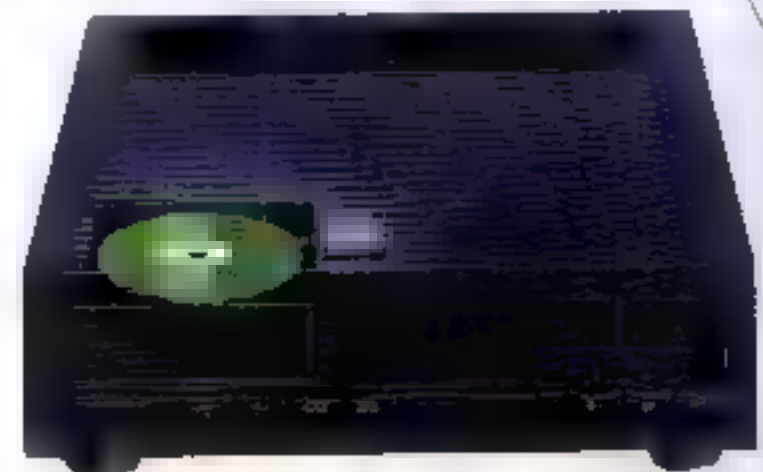
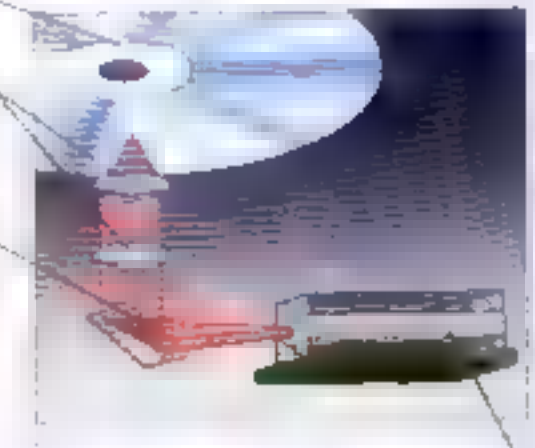


## أشطوانة (قرصية) مضغوطة

تحتوي على مادة خاصة مركز الليزر.

تعمل المرأة حزمة الليزر على الأشطوانة بحيث تتحرك من «قراءة» الثقب.

تحتوي ذرات في بريدنيد الجاليوم على امتداد الضوء الذي يترك بعضه مضغوطاً كحزمة ليزرية.



## الأسطوانة المضغوطة

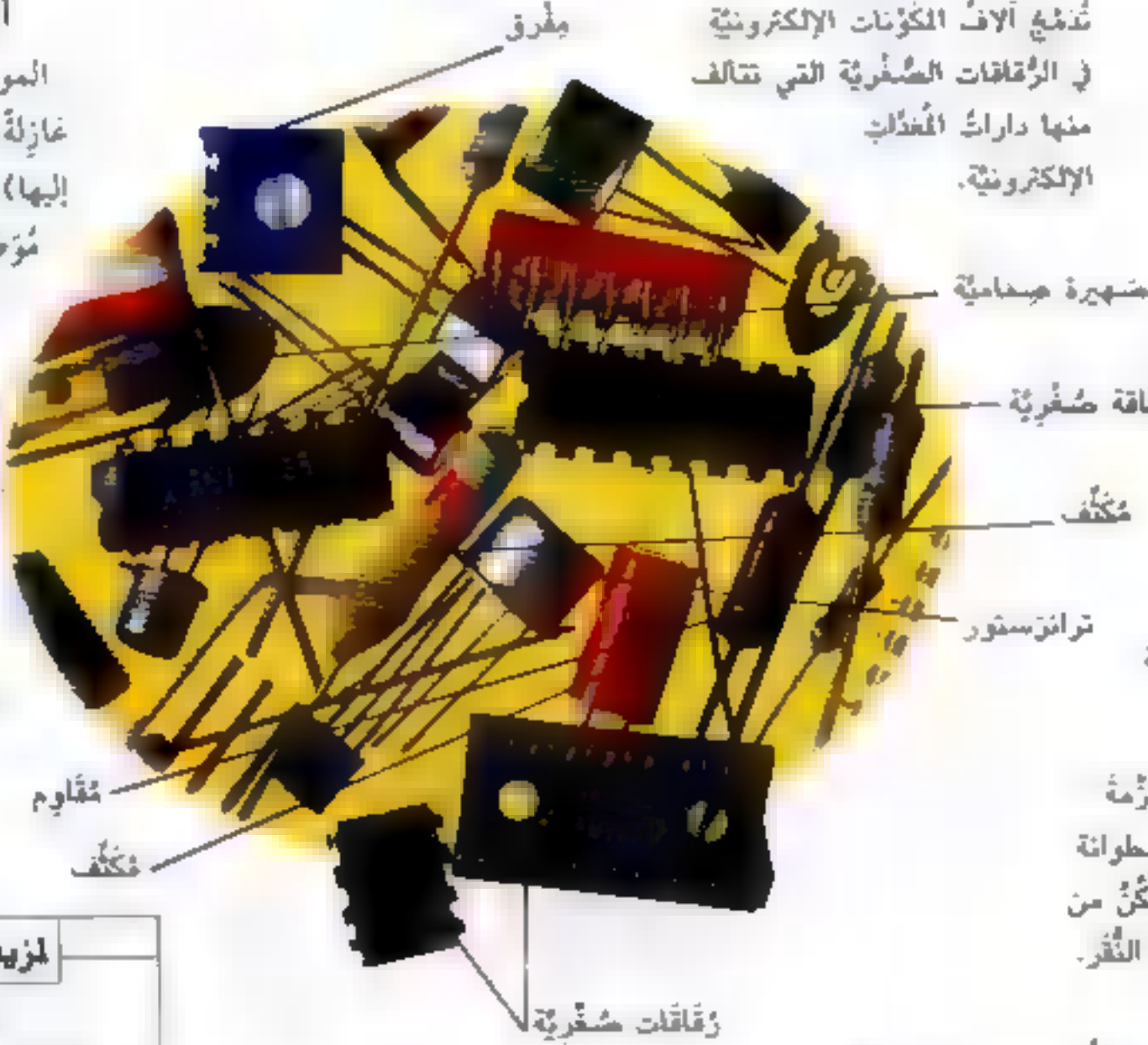
تسجل الموسيقى كقتر على الأشطوانة المضغوطة، وتسمى «قراءتها» بواسطة حزمة ليزرية خفيفة القدرة. والليزر (تضخيم الضوء بامتداد الإشعاع المنشط) هنا هو ليزر دايودي (شبه موصل) يتبعه زرينيد الجاليوم. والدايود هو نيطة متألجة لإمرار التيار في اتجاه واحد فقط. هذا وتستخدم الليزرات الدايودية أيضاً ليث الإشارات في خطوط الهاتف الألياف البصرية.

## البورون والسليكون

يضع الزجاج من الرمل، أحد أشكال معدن السليكا (ثاني أكسيد السليكون)، والنمو (الكوارتز) هو معدن آخر من السليكا كثيراً ما يوجد كبلورات جذابة. الزجاج الصامد للحرارة يحوي نسبة فلز آخر هو البورون الذي يحد من تمدد الزجاج كثيراً وتشفقه عند الإخماء، فيمكن وضع الكف من زجاج البوروسليكات على الموقد مباشرة. لذا تصنع الأواني الزجاجية المخبرية من هذا النوع من الزجاج.

## أشباه الموصلات

المادة التي يمكن أن تصبح موصلة أو عازلة، تبعاً لما تعالج به (أي يضاف إليها) من مواد أخرى، تدعى أشباه موصلات. والسليكون هو أكثر أشباه الموصلات استعمالاً - معالجة بالبورون أو الفسفور. وتستخدم أشباه الموصلات في صنع نبائط، كالدايودات (الصمامات الثنائية) والترانزستورات، يمكنها إمرار التيار الكهربائي أو تقويته أو كبحه.



## لزيد من المعلومات انظر

- البورون ص ٣٠
- الجدول الدوري للعناصر ص ٣٢
- الزجاج ص ١١٠
- تضميم المواد ص ١١١
- الكهرباء الثابتة ص ١٤٨
- مقومات إلكترونية ص ١٦٨
- الصخور والمعادن ص ٢٢١
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٢

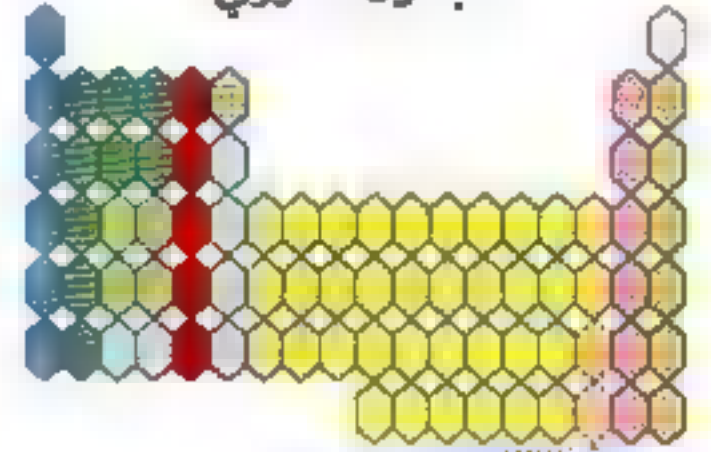


# الكربون



لا بقاء لكائن حي نباتاً كان أم حيواناً بدون الكربون. فالكربون في أجسادنا، وفي طعامنا وفي الهواء من حولنا. كيميائياً، تستطيع ذرة الكربون الترابط مع ما قد يبلغ أربع ذرات من عناصر أخرى، أو مع ذرات أخرى من الكربون، بحيث يتواجد في الطبيعة من مركبات الكربون أكثر مما يوجد من مركبات كافة العناصر مجتمعة. والكربون عنصر لا فلزي، يوجد نقياً في الطبيعة على شكل ألماس وجرافيت، أو مركباً كما في الصخور الكربونية كالطباشير، والوقود الأحفورية كالقحم، وثاني أكسيد الكربون في الهواء. عند

## الجدول الدوري



تتألف المجموعة ١٤ من: الكربون (ك) والسليكون (س) والجرمانيوم (جر) والقصدير (قي) والزئبق (صا)

## المشروبات الفوّارة

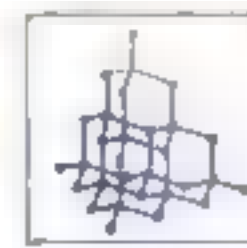
إنّ خبث المشروبات الفوّارة هو فقاعات ثاني أكسيد الكربون، فهذا الغاز مذاب فيها تحت الضغط، وبزوال الضغط ينطلق منها خبثاً وفقاعات.

## أشكال الكربون المختلفة

للؤملة الأولى، يبدو الألماس مختلفاً جداً عن الجرافيت، فالألماس صلب وصافي، والجرافيت لين ورماذي، لكنهما شكلان تأصليان للعنصر نفسه. ويؤلف الكربون أيضاً قسماً كبيراً من القحم، فالقحم عندما يُحمى بمغزل عن الهواء، يتحول إلى وقود لا دخاني هو الكوك. أما القحم النباتي، فحم المناقل، فهو كربون يُحضّر بحرق الخشب جزئياً، ومثله لحم العظام.

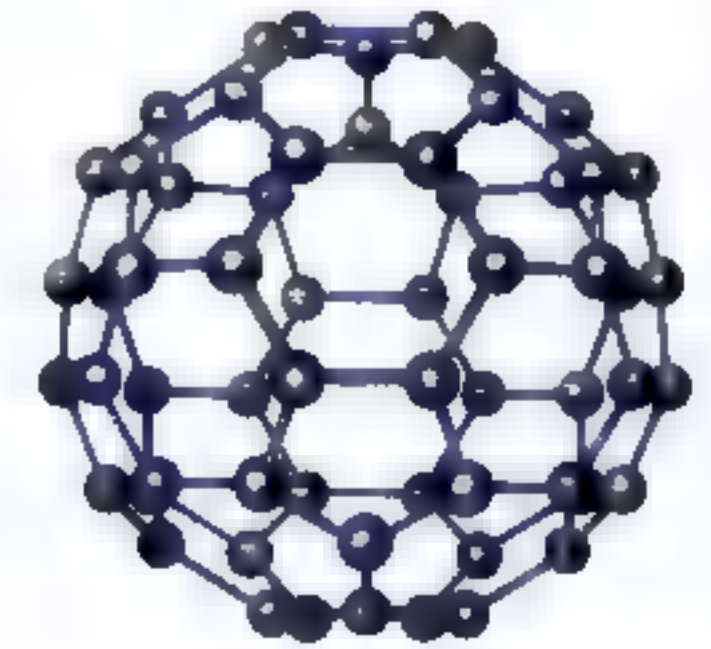


الانتراسيت،  
الفصل أنواع  
القحم، إذ تزيد  
نقاؤه على ٩٠٪



في الألماس،  
ترابط كل ذرة  
كربون مع أربع  
ذرات أخرى من  
الكربون.

الألماس أشد المعادن  
المعروفة صلابة.



## كربونات بكميستر الكربونية

عام ١٩٩٠، اكتشف العلماء شكلاً تأصلياً ثالثاً للكربون، عدا الألماس والجرافيت. وتُسمّى البنية الجزيئية لهذا الشكل كرة القدم أو الشفت الثقب لتلعب مُدرج صمم المهندس الأمريكي بكميستر فولر، فُدعي شكل الكربون هذا باسمه - بكميستر فولر - كما يُدعى الجزيء الواحد منه أحياناً «باكيبول» - أي كرة بكي.

## الألياف الكربونية

تُحمى ألياف الأنسجة العضوية لتحضير خيوط حريرية النعومة من الكربون النقي. وتُمرّج هذه الألياف بمواد أخرى كاللدائن لتخليق مواد مؤلفة خفيفة ومتينة جداً. ويُستخد من مؤلفات الألياف الكربونية هذه في صناعة الأدوات والأشياء التي تتطلب خفة ومتانة - من مضارب التيس حتى الطائرات الصغيرة.



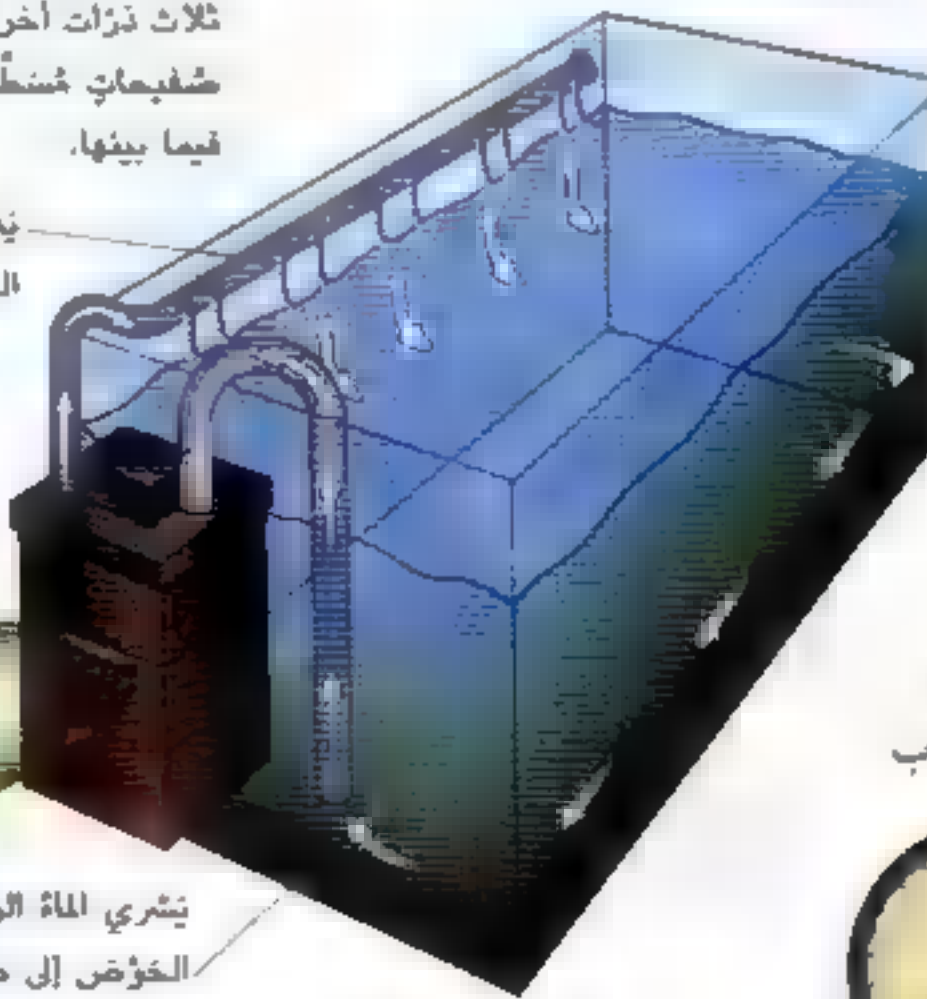
## الكربون الكهربائي

الكربون عنصر لا فلزي غير عادي بين اللافلزات لأنه موصل جيّد للكهرباء. ففي صناعة الفولاذ يُستخدم قطبان ضخمان من الجرافيت في فرن القوس الكهربائي كإلكترودين. ويندفق شرر القوس الكهربائي وهيجاً «متفاجراً» بين الإلكترودين مُنتعاً حرارة شديدة تُصهر الخام والخرقة الفلزّية في الفرن.

يُختس القحم النباتي  
المنشط الأوساخ  
والشوائب.



يشري الماء الوسخ من  
الخوض إلى صندوق الترشيح.



## القحم النباتي المنشط

القحم النباتي المنشط ذو قدرة امتزازية عالية، أي إنه يجذب المواد إلى سطحه، فيمكنه بذلك إزالة الغازات السامة والروائح الكريهة من الهواء. لذا يُستخدم هذا القحم في كمّات الغاز ومُظومات التهوية في الغزيات الفضائية وكُمّات موائد الطبخ؛ كما يُستخدم أيضاً في تنقية السوائل، كالماء في أحواض السمك. فيمرّ ماء الحوض المُتسخ فوق القحم النباتي المنشط لإزالة أوساخه، ثم يُعاد نقياً إلى الحوض.

إطارات  
مضارب التيس

المصنوعة من الألياف  
الكربونية أخف وأمتن بكثير  
من الإطارات الخشبية.

## الألياف

الكربونية  
أرفع بكثير  
من شعر  
الإنسان، لكنّها  
أقوى من الفولاذ  
بثمانى مَرّات.



## لمزيد من المعلومات انظر

- الجدول الدوري للعناصر ص ٣٢
- الكيمياء العضوية ص ٤١
- الحديد والفولاذ ص ٨٤
- مُنتجات القحم ص ٩٦
- تصميم المواد ص ١١١
- دورات في الغلاف الحيوي ص ٣٧٢
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٢



# الكيمياء العضوية

الأقيشة ذات الألوان الزاهية التي لا تبهت أصبحت ممكنة بفضل أصباغ الأنيلين.

الكربون بالغ الأهمية، حتى لقد بلغ من أهميته أن أفرد لدراسته علم قائم بذاته هو الكيمياء العضوية. ووصفت هذه الكيمياء بالعضوية لأنها كانت سابقاً تقتصر على دراسة الكائنات الحية (وهي كما نعلم تتألف من مركبات الكربون). أما اليوم، فالكيمياء العضوية تعنى بدراسة جميع مركبات الكربون - عدا «اللاعضويات»، كالكربونات وثاني أكسيد الكربون.

ويتميز الكربون عن سائر العناصر بقدرة ذراته الفريدة على الترابط فيما بينها بروابط مستقرة جداً. لذا يمكنها تأليف سلاسل طويلة تضم مئات الألوف من ذرات الكربون. تنقسم المركبات العضوية إلى طوائف أهمها البروتينات والدهون والسكريات (الكربوهيدرات).

## الكيمياء الحيوية

المركبات الكربونية تنطوي على أسرار الحياة - حياة النبات والحيوان - على الأرض. فالحياة ممكنة فقط بفضل كيمياء الكربون الفاتقة التعقيد والتنوع الجارية باستمرار في جميع الخلايا الحية.

## دورة الكربون في الكون

يدور الكربون بين الهواء والحيوانات والنباتات والتربة باستمرار. فيما يعرف بدورة الكربون في الكون.

## الكيمياء العضوية

عام ١٨٠٨، استخدم جونز بيرزليوس (١٧٧٩-١٨٤٨)، الكيميائي السويدي، مصطلح «الكيمياء العضوية» عانياً بها كيمياء الكائنات الحية. عام ١٨٢٨، نجح فردريخ وفلور (١٨٠٠-١٨٨٢)، الكيميائي الألماني، بتحضير البوليما (اليوزيا) وهي مركب عضوي طبيعي مخبرياً من مواد غير عضوية. ومنذئذ صارت الكيمياء العضوية كيمياء معظم مركبات الكربون، وليس مركباته الطبيعية فقط. عام ١٨٦٥، استوحى فردريخ كاكولوفون ستراونيتز (١٨٢٩-١٨٩٦)، الكيميائي الألماني، فكرة البنية الخلقية للبنزين من رؤيته في المنام أفقى تغصن ذاتها.

الصيغة الكيميائية للبنزين (الأنيلين) هي:  $C_6H_6$ ، وهي تمثل العدد الإجمالي لذرات الكربون والهيدروجين. صيغته التركيبية هي:  $C_6H_6$  =  $C_6H_6$ ، وهذه تبين أن ذرتين من الهيدروجين ترتبطان مع كل ذرة من الكربون، وأن ذرتي الكربون مترابطتان برابط ثنائي.

تتفاعل جزيئات الإيثين لتكوّن سلسلة طويلة من ذرات الكربون المترابطة بروابط أحادية. وهذا ينتج البوليين اللدائني الذي صيغته (ك-هـ)  $C_nH_{2n}$ ، ومنه هي عدد تكوّن هذه الوحدة (ك-هـ) في المركب المتكثور.

ثاني أكسيد الكربون في الهواء

تتحول المركبات العضوية إلى الحيوانات

مركبات عضوية أخرى وهي أكسجين، كبريت، هالوجينات، بالتحلل.

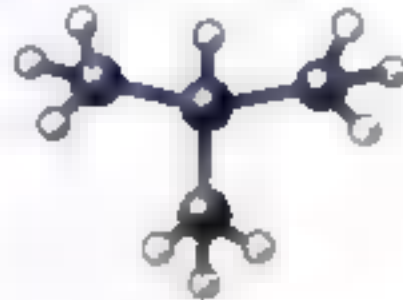
الحيوانات

تتحلل الحيوانات على المركبات العضوية من أكل النبات

الأيسوبرات،

المتماكيات (المتماثلة التركيب)

تحتوي بعض مركبات الكربون الذرات نفسها، فهي متماثلة التركيب، لكن خواصها مختلفة لأن ترتيب تلك الذرات فيها مختلف. وتدعى هذه المركبات المتماكيات. فالبيوتان وبيروبان المشيل-٢ هما متماكيان (أيسوبران). ويحتوي غاز القوارير دائماً بعض بيروبان المشيل-٢ إضافة إلى البيوتان، وكلاهما يتألف من أربع ذرات كربون وعشر ذرات هيدروجين.



بيوتان المشيل-٢



البيوتان

## المكثورات اللدائنية

تتحد جزيئات المركبات الكربونية كالإيثين لتشكل سلاسل ضخمة، هي نموذجية في اللدائن. فالجزيء من السلسلة يدعى مؤخوفاً، والسلسلة بأكملها تدعى مكثوراً. واللدائن المختلفة تتألف من مؤخودات مختلفة.

## الرئث واللدائن

رئث ترقيق السيارات وأي لدائن معروفة لا يدوان متشابهين لكن أشياء مشتركة تجمع بينهما؛ فكلاهما مادة عضوية، كما إن مصدر كليهما واحد، هو الرئث الخام (النقط).

تحتضن اللدائن بشقاعة المكثورات الأخف في النقط.

زيت السيارات أحد مكثورات النقط، ويشخّرج منه بالنقطير.

## لمزيد من المعلومات انظر

- كيمياء الهواء ص ٧٤
- كيمياء الجسم البشري ص ٧٦
- مشتجات النقط ص ٩٨
- المكثورات ص ١٠٠
- الأصباغ والخشب ص ١٠٢
- تصميم المواد ص ١١١
- ذرات في الغلاف الحيوي ص ٣٧٢
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٦



# النَّتْرُوجِين

النَّتْرُوجِين عُنْصُرٌ حَيَوِيٌّ أَساسِيٌّ كأحد المكوّنات الرئسيّة لجِبِلّة (بروتوبلازم) الخلايا الحيّة في النبات والحيوان؛ وهو يشكّل حوالي ٨٠ بالمئة من الهواء الجوّي. والنَّتْرُوجِين غاز عديم اللون والطّعم والرائحة. ويمرّ النَّتْرُوجِين دومًا بمراحلٍ دوريّة تحفظه في الطبيعة حولنا - فيما يعرف بِدَوْرَةِ النَّتْرُوجِين. فالنباتات تأخذه من التّربة، والحيوانات تحصل عليه من أكل النباتات أو الحيوانات الأخرى. وعندما تموت النباتات والحيوانات وتتحلّل، يعود النَّتْرُوجِين ثانيةً إلى التّربة. وفي الطبيعة يتواجد النَّتْرُوجِين مركّبًا في خامات معدنية كثيرات الصوديوم. يتألّف جُزْيُ النَّتْرُوجِين في الهواء، كما الأكسجين، من ذرتين، ورّمزه ن. ويكوّن النَّتْرُوجِين مع الأكسجين عدّة أكاسيد، من ضمنها بعض مكوّنات الغازات المُنفلتة من عوادم السيّارات والمُلوّنة للبيئة.

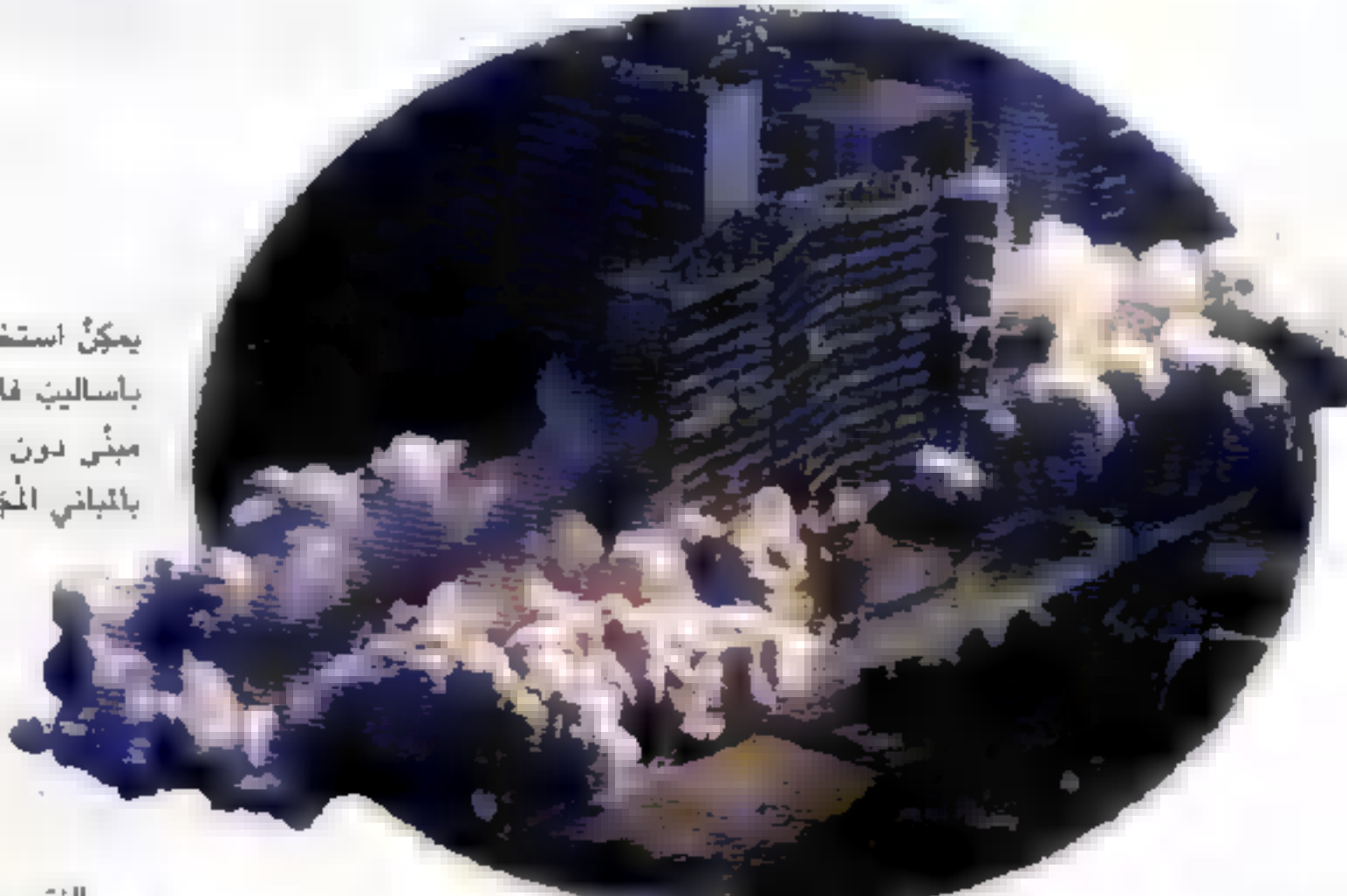
## الجَدْوَلُ الدَّورِيّ



تتألّف المجموعة ١٨ من: النَّتْرُوجِين (ن)  
والفُسْفُور (فو) والذّرنيخ (ذ) والانتيمون  
(نت) والبرموت (بن)

## المتفجرات النتروجينية

المتفجرات مواد غير مُستقرّة تتحلّل أو تحترق بسرعة مُطلقةً حجمًا ضخمًا من الغازات وحرارةً شديدة، تمدّدها مُنتجة موجة ضُغْمية هاضغة مُدمّرة. مُعظم المتفجرات الكيماوية كالنتروغليسرين وثالث نيتريت الثلويين (ت ن ت) تحوي النَّتْرُوجِين. والنَّتْرُوجليسرين سائل زيتي فاتق اللّاستقرارية يُمزج مع نوع من الصّلصال للحصول على الديناميت - الأكثر استقرارًا وأمانًا. وتُستخدم المتفجرات في صناعة القنابل.

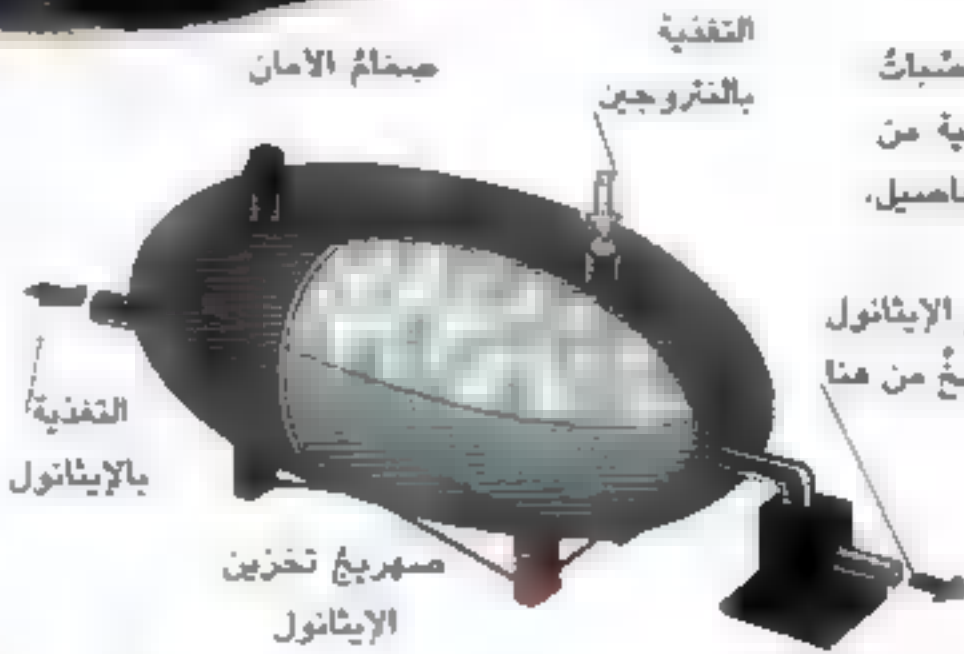


يمكن استخدام المتفجرات  
بأساليب فائقة الدقّة لهدم  
مبنى دون إلحاق الضرر  
بالمباني المجاورة.



## دَوْرَةُ النَّتْرُوجِين في الكَوْن

مراحل تبادل النَّتْرُوجِين مستمرة دومًا بين الهواء والحيوانات والنباتات فيما يعرف بِدَوْرَةِ النَّتْرُوجِين في الطبيعة.



## الأسمدة النتروجينية

يُضيف المزارعون الأسمدة النتروجينية إلى التّربة لتعويض النَّتْرُوجِين الذي استنزفته النباتات. السّماد الطبيعي (الزُّبيل) غني بالنَّتْرُوجِين؛ لكن يُفضّل العديد من الناس اليوم استخدام الأسمدة الاصطناعيّة، كالنّترات وكبريتات الأمونيوم.

## النَّتْرُوجِين اللافتعال

النَّتْرُوجِين غير فعال، لذا يُستخدم لعزل الأكسجين الشديد الفاعلية، في حاويات مُشَتَّى. فالإيثانول (الكحول العادي) قد يشتعل في مُحاذاة الأكسجين. لذا يُستخدم النَّتْرُوجِين لاستيعاده من صهاريج التخزين. كما تملأ علب المقلّوات القصية (القرّشة) بالنَّتْرُوجِين، لاستبعاد الأكسجين الذي قد يتفاعل مع المحتويات فيها فتُتَوَخ وتفسد.

## النَّتْرُوجِين التّخليري

يُستخدم غاز أكسيد النّيتروز الرّائحة كمُخدّر؛ ويُدعى «الغاز المُضحك» لآته يُضحك بعض المرضى قبل جراحهم عن الوُعي وتقلّده. وفي القرن التاسع عشر كانت تُجرى عروض لاختبار تأثيرات الغاز المُضحك في ميّوات خاضة بلندن، للتّسلية فقط. ثم أدرك العلماء لاحقًا إمكانية الاستفادة من هذا الغاز كمُخدّر.



## النَّتْرُوجِين السّائل

يُجمّد الطعام سريعًا باستخدام النَّتْرُوجِين السّائل. قبض الأطعمة كالقطائر بالجُبن، مثلاً، توضع على سير النّاقلة في مُجمّد نقيّ. وأثناء تحركها تُبرّد أولاً بغاز النَّتْرُوجِين، ثم تُرَدُّ بالنَّتْرُوجِين السّائل لتتجمّد.



## لمزيد من المعلومات انظر

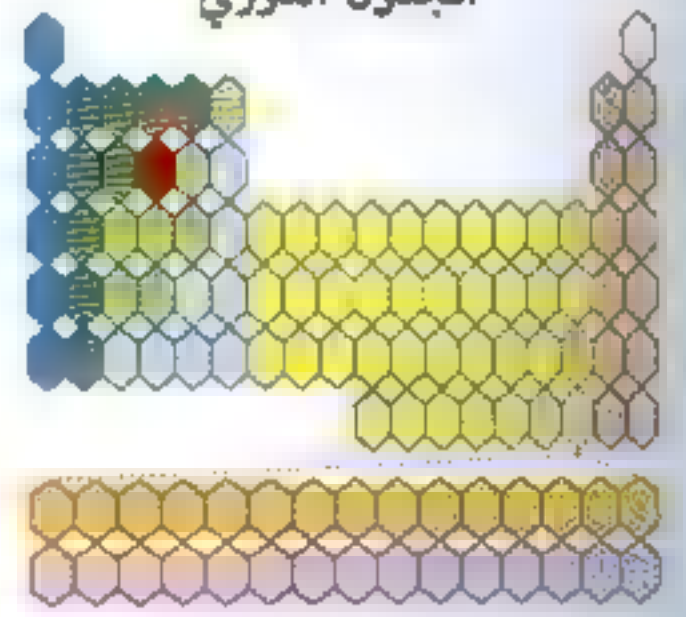
- الترابط الكيماوي ص ٢٨
- الجَدْوَلُ الدَّورِيّ للعناصر ص ٣٢
- كيمياء الهواء ص ٧٤
- الأمونيا ص ٩٠
- الكيمياء الزراعيّة ص ٩١
- المطر ص ٢٦٤
- دورات في الغلاف الجوّي ص ٣٧٢
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٢



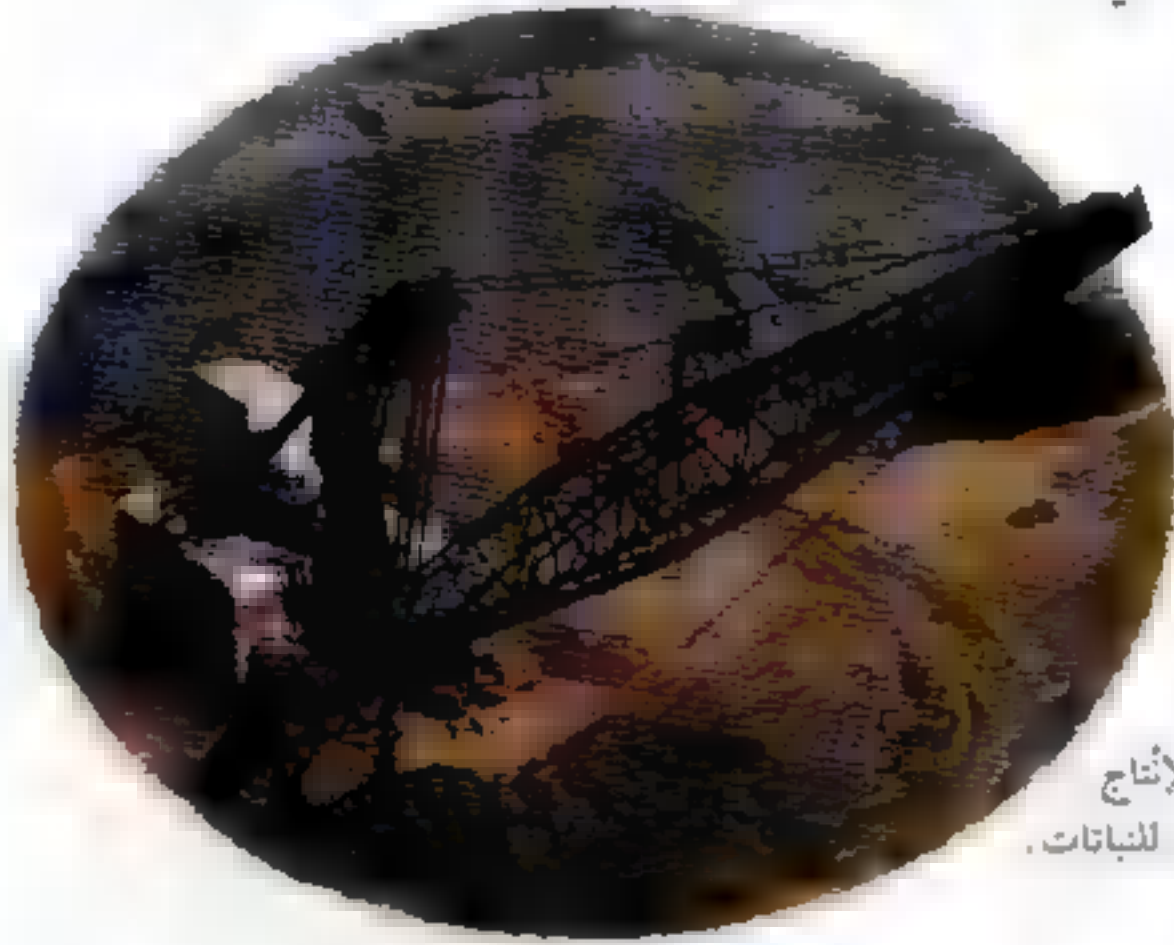
# الفُسفور

بعض المشروبات المرطبة كالكولا ذات طعم حاد، وذلك عائد لاحتوائها قليلاً من حامض الفسفوريك - الذي هو أحد مركبات الفسفور. والفسفور في شكله المألوف، جامد ضارب إلى الصفرة، شمعي القوام ذو شفافية طفيفة. والفسفور الأصفر هذا يتوهج في الظلام، وتعرف هذه الخاصية بالفسفر. وهو لشدة فاعليته يحترق تلقائياً في الهواء، لذا يُحفظ تحت الماء. والفسفور أساسي الأهمية للكائنات الحية - تستخرج النباتات من التربة، وتحصل عليه الحيوانات من النباتات. والفسفور لا يوجد في الطبيعة منفرداً بل متحداً في مركبات الفوسفات المعدنية، كفسفات الكالسيوم، التي يُستخدم معظمها في المخصبات الزراعية.

## الجداول الدوري



تتألف المجموعة ١٥ من: النتروجين (ن) والفسفور (فو) والزرنيخ (ز) والأنتيمون (نت) والبرموت (بب)



## تعدد الفسفور

أهم خامات الفسفور هو الأباتيت (فسفات الكالسيوم الطبيعية) الذي يتواجد بأشكال عدة، وأفراده الرئيسية المعروفة هي في المغرب وتونس بشمال أفريقيا. وتستخدم كميات ضخمة من الفسفور الفسفاتي في صناعة الأسمدة الكيماوية، حيث يعالج الصخر بحامض الكبريتيك لإنتاج السوبرفسفات المخصب الأشهر امتصاصاً للنباتات.

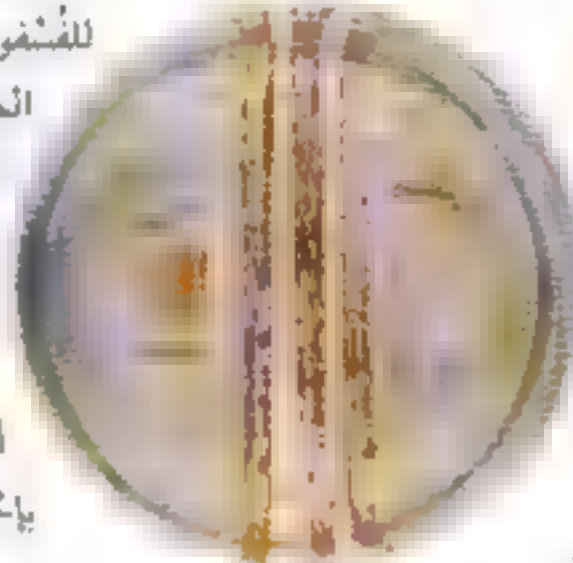


## الفسفور والثور

يُخضر الفسفور الأحمر بإخماء الفسفور الأصفر إلى درجات حرارة عالية، ثم يذفن صفائح. ويُستخدم الفسفور الأحمر في إشارات الإضاءة البحرية لإحداث أنوار شديدة الشطوع. كما أنه يؤلف المادة الفعالة في جدران القباب. نقاب الأمان تشتعل فقط إذا حُكَّت على سطح يحوي فسفوراً أحمر، أما التي تُحك أينما كان، فتحوي مركباً فسفورياً في رؤوسها.

## أشكال الفسفور الناصبة

للفسفور ثلاثة أشكال ناصبة رئيسية: الأصفر (الأبيض المصفر) والأحمر والأسود. في الرسم إلى اليمين، قضبان وقطع من الفسفور الأصفر تتحول ببطء إلى الشكل الأحمر الأكثر استقراراً كما يمكنك مشاهدة البقع القائمة على القضبان. الفسفور الأسود، أكثر أشكال الفسفور استقراراً، ويُحضّر بإخماء الشكل الأصفر تحت الضغط.



فسفات الكالسيوم تؤلف جزءاً قوامياً من العظام والأسنان، لكنها تبدو في الطبيعة بلورات ذات ألوان متنوعة تدعى الأباتيت.



## الفوسفات

مساحيق (أو سوائل) الغسيل تحوي ثالث بوليوسفات الصوديوم الذي يُزيل عُسر الماء. وتعمل الفوسفاتات من مياه المجاري والأسمدة والمُنظفات على تلويث الأنهار وتهديد حياة الكائنات فيها. إذ إنّ فرط المغذيات يؤدي غالباً إلى فرط نماء البكتيريا الحيوانية التي تستهلك الأكسجين في الماء. هذا وتُستخدم الفوسفاتات الفسوية لمكافحة الآفات كالحشرات والقوارض.



## اكتشاف الفسفور

في القرن السابع عشر، استخلص الكيميائي الألماني، هينغ براند، الفسفور بتسخير ٥٠ دلوًا من البول، بالإغلاء وإخماء الفضالة مع الرَّمْل. وأسماء الفسفور (أي حامل الضوء باليونانية) لأنه يتوهج في الظلام. واحتفظ براند بمرآة إكتشافه هذا، لكن روبرت بويل (١٦٢٧-١٦٩١)، الكيميائي الإيرلندي، أعاد اكتشاف الفسفور بعد ذلك بضع سنوات.

## الفسفور أساسي للحياة

مادة العظام والأسنان معظمها من فسفات الكالسيوم التي تُكسبها صلابتها. وتؤلف المجموعات الفسفورية جزءاً من د ن أ (الحامض النووي الريبوزي المنقوص الأكسجين) المتواجد في نوى الخلايا والمشحمة بعملاتها. ويوفر المركب الفسفاتي: ثالث فسفات الأدينوسين - (أ ت ب) الطاقة في الجسم بتحليله إلى ثاني فسفات الأدينوسين - (أ د ب) مُطلقاً طاقته المخزنة لإنجاز نشاط حركي كالتقباض العضلي، أو فسيولوجي كتخليق البروتين العضلي.



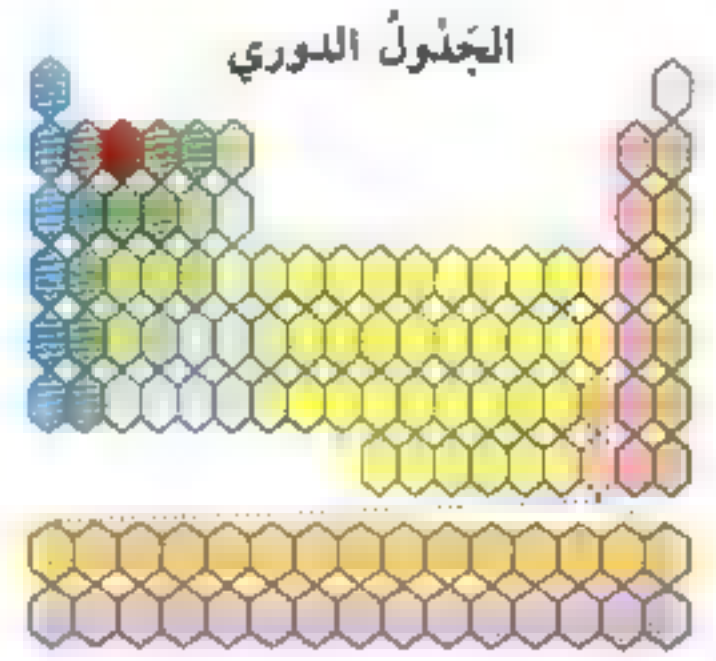
## لمزيد من المعلومات انظر

- الجدول الدوري للعناصر ص ٣٢
- فلزات الأرض القلوية ص ٣٥
- التروجين ص ٤٢
- كيمياء الجسم البشري ص ٧٦
- الكيمياء الزراعية ص ٩١
- الصابون والمُنظفات ص ٩٥
- الخلايا ص ٣٣٨
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٢



# الأكسجين

الأكسجين أكثر العناصر وفرة في الطبيعة، وهو غاز عديم اللون والطعم والرائحة؛ وبدونه لا بقاء للكائنات الحية على الأرض. فنحن نستنشق دوماً مع الهواء، الذي يؤلف الأكسجين خمس مزيجه، كما إنه موجود في العديد من الأشياء. ففي البحار، يتواجد الأكسجين مذاباً في الماء، كما يشكل جزءاً رئيسياً من تركيبه. وفي الصخر يؤلف الأكسجين جزءاً رئيسياً من معظم معادنه. يتألف الأكسجين العادي من جزيئات ثنائية الذرات (فرمزه  $O_2$ ). أما معظم الأكسجين في أعالي الجو، فشكل آخر منه يتألف جزيئه من ثلاث ذرات ويُعرف بالأوزون ( $O_3$ )، وهو يشكل طبقة واقية حول الأرض تحجب الأشعة الفضائية المؤذية. والأكسجين شديد الفاعلية الكيميائية؛ فما الاختراق والتأكسد والصدأ والتنفس إلا بعض التفاعلات الكيميائية التي تحدث باتحاد مواد معينة مع أكسجين الهواء.



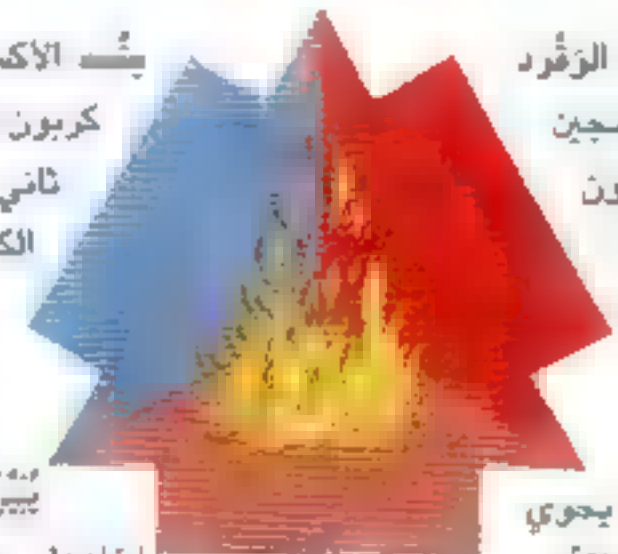
تتألف المجموعة ١٦ من: الأكسجين (١) والكبريت (ك) والسيلينيوم (سل) والتلوريوم (تل) والبولونيوم (بن)



## القطع بالأكسجين

يُستخدم الأكسجين والأسيتلين في قطع الفولاذ فاشتعال غاز الأسيتلين في الأكسجين النقي يُنتج درجة حرارة تزيد على ٣٠٠٠ س، تظهر الفولاذ تحت لهب الحملاج وتقطعه بسهولة. ويُستخدم هذا الحملاج أيضاً في لحام الفولاذ - إذ ينصهر الطرفان المراد لحامهما في لهب شعلته، ثم يتركان ليبرد.

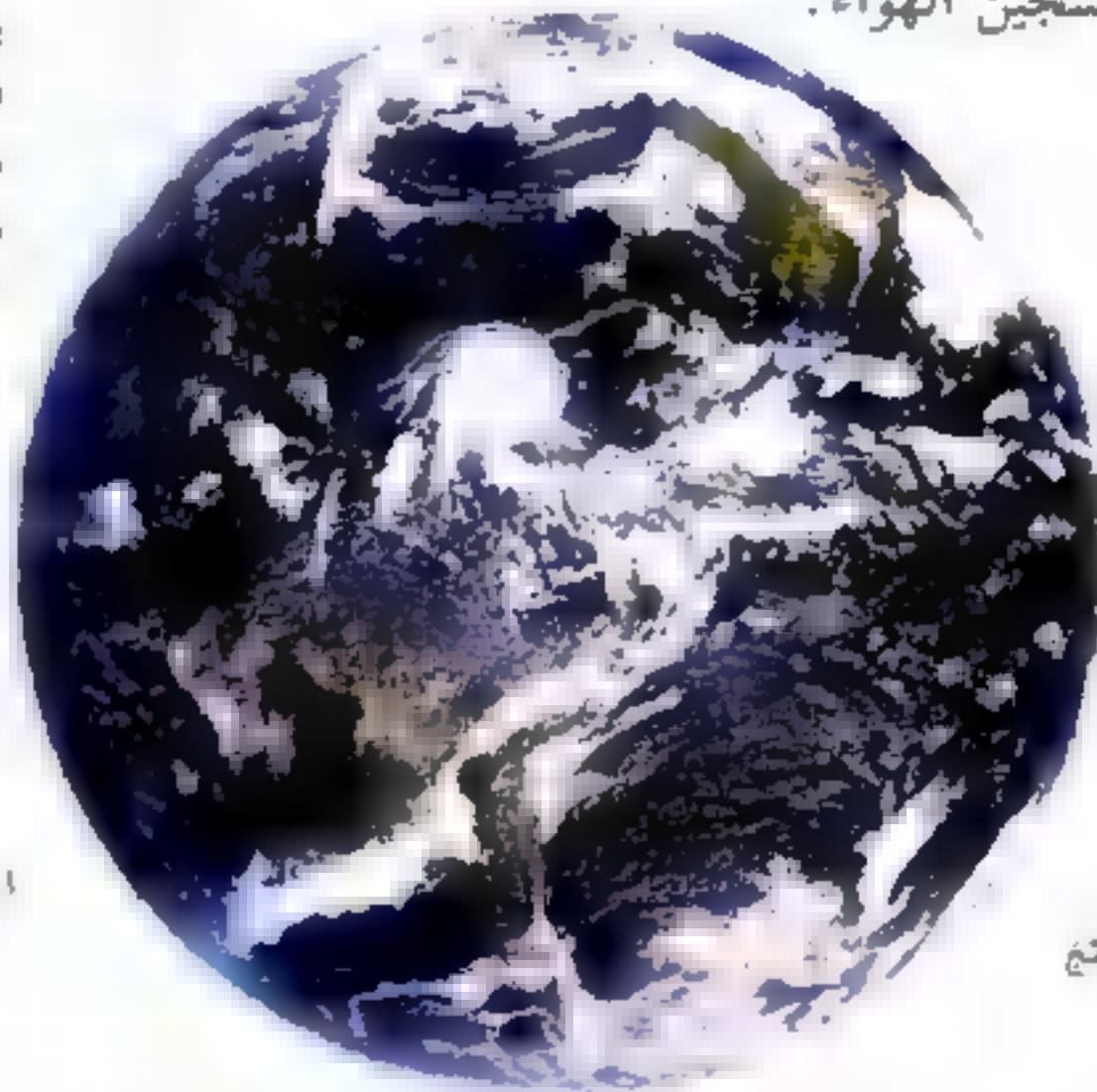
تفاعل الوقود مع الأكسجين يتم بدون الحرارة.



يجب أن يحوي الوقود مادة يمكنها الإشتعال مع أكسجين الهواء.

## الاختراق

يُنتج «ثلاثاء النار» هذا عوامل إيقافها، وهي الحرارة والأكسجين والوقود. فإذا فقد أحدها لا يمكن إيقاف النار، أو إنها تنطفئ بسرعة. لذا تُغطى نار المُخيم بالرمث أو التخص لإطفائها، لأن الرمث أو التخص يحجب عنها الأكسجين.



## الصخور الحمراء

يعتقد العلماء أن هواء الجو لم يتجو عنصر الأكسجين منذ نشأة الأرض؛ ويربطون بدايات وصوله بالتفاعل مع الحديد في الصخور - مخولاً لونها إلى الأحمر. ويبلغ عمر هذه الصخور حوالي ٢٠٠٠ مليون سنة.

## الطبيعة الحية

في عملية التنفس تأخذ الحيوانات الأكسجين من هواء الجو (٢١٪ منه أكسجين)؛ لكن ذلك لا ينقص نسبة في الهواء لأن النباتات تُعيد الأكسجين إلى الهواء ثانية في عملية التخليق الضوئي. أما الأحياء المائية، كالأسماك، فتتنفس الأكسجين المذاب في الماء.



كارل شيل جوزيف بريستلي

## أكسجين الطوارئ

يُعطي المرضى، الذين يعانون مشاكل تنفسية، كميات إضافية من الأكسجين، لتخفيف العبء على الرئتين وزيادة التنفس. وهذا يساعدهم في التماثل للشفاء بسرعة أكثر.

## اكتشاف الأكسجين

عام ١٧٧٤، أعلن الكيميائي الإنكليزي، جوزيف بريستلي (١٧٣٣-١٨٠٤)، عن إكتشافه «الهواء المنزوع اللاهوب»؛ وكان كارل شيل (١٧٤٢-١٧٨٦)، السويدي، قد سبقه إلى مثل ذلك بسنو أو سنتين. فقد برهن شيل أن الهواء ليس عنصراً مفرداً؛ لكن لا أحد منهما أدرك حقيقة ما اكتشفه. وكان لانتوان لافوازيه (١٧٤٣-١٧٩٤)، الكيميائي الإفرنسي، فضل إثبات طبيعة هذا الغاز ونسبته الأكسجين، عام ١٧٧٥.

## الصدأ

إذا تُرك الحديد والفولاذ مُعرضين للهواء والرطوبة، سرعان ما تكسوهُما قِراة بُنية - بُرتقالية اللون، هي الصدأ. والصدأ هو أكسيد حديدي يتشج عن تفاعل كيميائي بين الحديد والأكسجين والرطوبة.

## لمزيد من المعلومات انظر

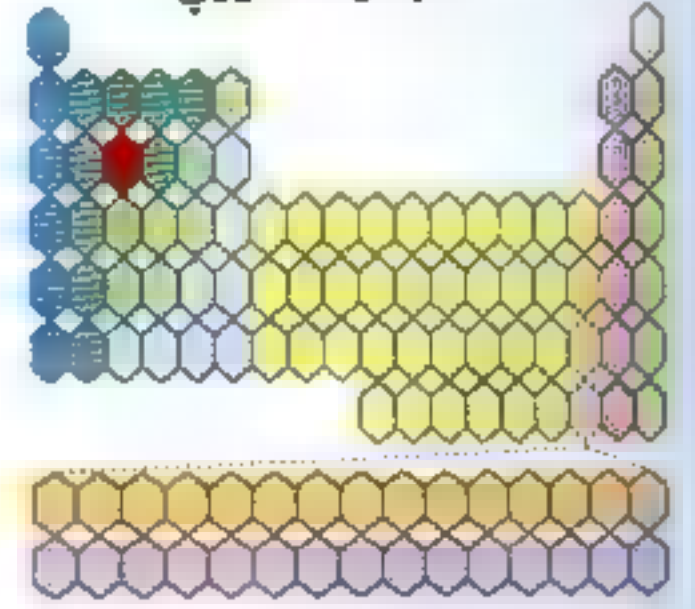
- الترابط الكيميائي ص ٢٨
- الجدول الدوري للعناصر ص ٣٢
- الأكسدة والإختزال ص ٦٤
- كيمياء الهواء ص ٧٤
- التنفس الخلوي ص ٣٤٦
- دورات في الغلاف الحيوي ص ٣٧٢
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٢



# الكبريت

الكبريت عنصرٌ لافلزّيٌّ أصفر اللون زاهٍ يتواجد في الطبيعة على شكل كبريتيدات (كالغالينا - كبريتيد الرصاص والبايرايت - كبريتيد الحديد) أو كبريتات (كالجبس - كبريتات الكالسيوم المائية). وهو من العناصر الأكثر فاعليةً، واستعمالاته ومشتقاته في مجالات الصناعة بالغة الأهمية - من صناعة الدهان والمنظفات إلى فلكنة المطاط وصنع البارود - حتى ليقاس مدى النشاط الصناعي في بلدٍ ما بمقدار ما يستهلكه من الكبريت أو من حامض الكبريتيك، أحد مشتقاته. ويُعتبر أكسيد الكبريت، وبخاصة، الذي تُطلقه محطات توليد القدرة الأحفورية الوقود ذات المحتوى الكبريتي، من ملوثات الجو ومُسببات المطر الحامضي.

## الجدول الدوري

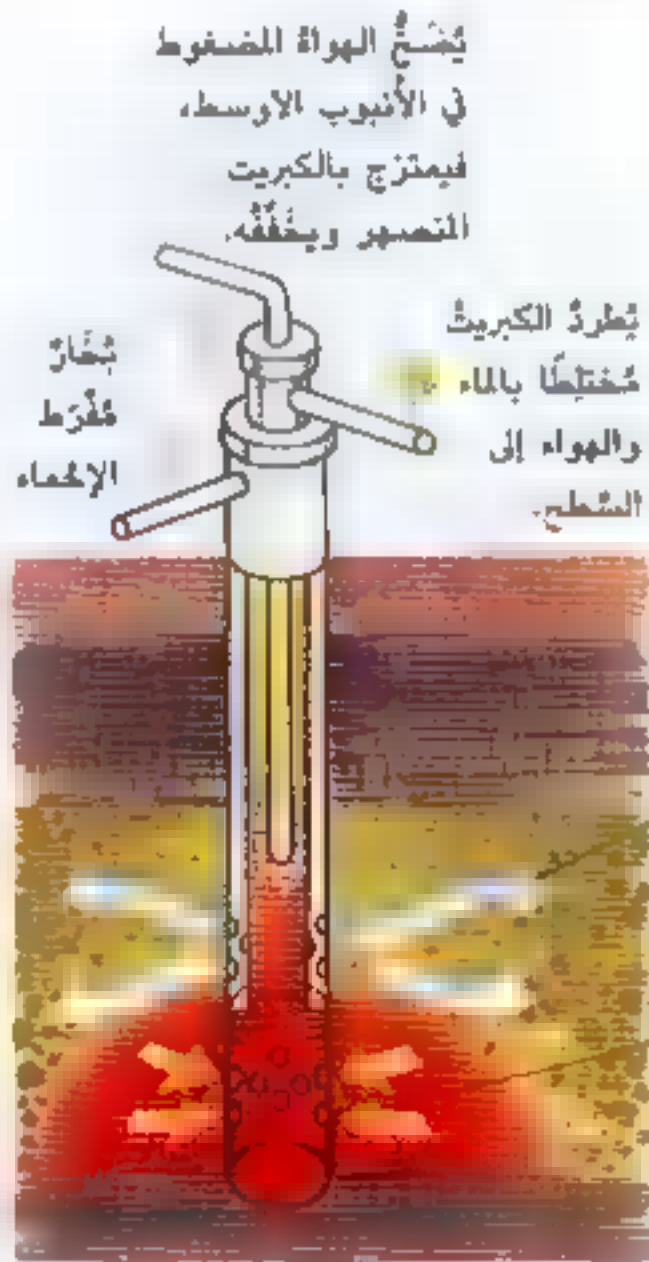


تتألف المجموعة ١٦ من: الأكسجين (أ) والكبريت (ك) والستينيوم (سل) والتلوريوم (تل) والبولونيوم (بن)



## كبريت البروتين

يحتوي مُح البيض كبريتاً بروتينياً يتبين كجدارٍ رماديٍّ عند أطراف المُح إذا ما سُفقت البيضة لفترة طويلة. والكبريت من العناصر الضرورية للحياة كجزء حيويٍّ في البروتينات التي تبنى الجسم. وعندما تتحلل هذه البروتينات ينتج كبريتيد الهيدروجين، وهو غازٌ سامٌ له رائحة البيض الفاسد.



بلورات الكبريت صفراء.

يتألف جزيء الكبريت المُعَيَّن من ثماني ذرات، وتتطابق جزيئات هذا الشكل معاً بالحكم.

يتغول البخار بالضغط إلى ماءٍ حارٍّ جداً (فوق ١٢٠° س) يشهر الكبريت.

الكبريت المنصهر يتجمّع قبل أن يُمزج بالهواء.

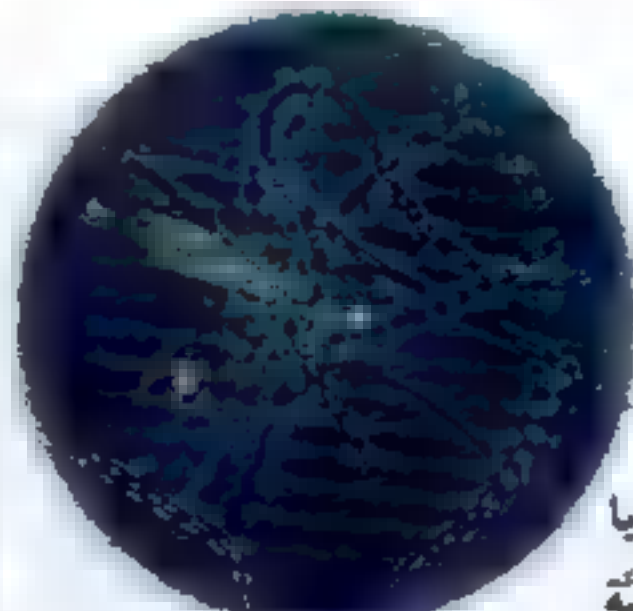
يتألف جزيء الكبريت الأحادي المُثَل من ثماني ذرات - المُسَحَّات بينها لوسع مما هي عليه في الشكل المُعَيَّن. وهذا الشكل مُستقرٌّ فقط فوق ٩٦° س.

## أشكال الكبريت الناصبة

هناك شكلان ناصبان رئيسيان للكبريت: المُعَيَّن، والأحادي المُثَل - أولهما فقط مُستقرٌّ على درجات الحرارة العادية. وفي كلا الشكلين تترتب ذرات الكبريت في حلقات ثمانية.

## الكبريت على سطح آيو

آيو، أكبر أقماع المُشترى، هو أحد أكثر الأقماع نضارةً في المنظومة الشمسية. ويعود لونه الأصفر البرتقالي الزاهي إلى فُض الكبريت من براكينه النائرة - التي تم اكتشافها بواسطة السواهر الفضائية حديثاً.



## البكتيريا الكبريتية

نستمد بعض البكتيريا الطاقة من الكبريت بدلاً من الأكسجين؛ لذا فهي لا تستطيع العيش إلا على مُركّبات الكبريت المُذابة. وفي الولايات المتحدة يجري استخدام هذه البكتيريا لاستخلاص النحاس، وبعض الفلزات الانتقالية الأخرى نقيّة من مُركّباتها الكبريتية.

## استخراج الكبريت

يُستخرج الكبريت من مُناجمه بطريقة مُراس. وفيها تفرز ثلاثة أنابيب مُتراكزة في الفُراغات الكبريتية. يُضخُّ بخار مُفرط الإحشاء في الأنابيب الخارجية لصفّر الكبريت؛ ثم يُدفع الهواء المضغوط في الأنبوب الأوسط، فيطرّد مزيج الكبريت المُزبد إلى السطح.

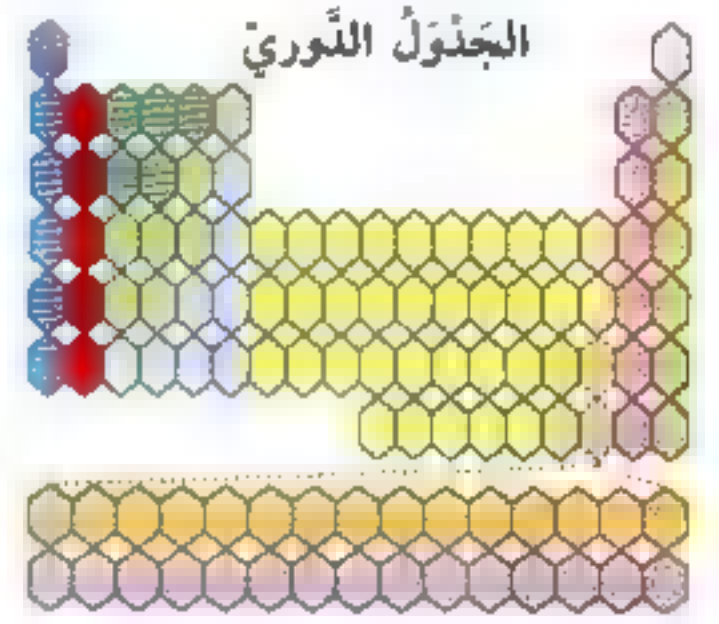
## لزيد من المعلومات انظر

- البلورات ص ٣٠
- الجدول الدوري للعناصر ص ٣٢
- كيمياء الهواء ص ٧٤
- حامض الكبريتيك ص ٨٩
- مُنتجات الغاز ص ٩٧
- التلوث الصناعي ص ١١٢
- المطر ص ٢٦٤
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٢



# الهالوجينات

يُستخدَم الكلور، أشهر عناصر المجموعة ١٧ (الهالوجينات) في أحواض السباحة لتعقيم الماء، كما يُشكّل جزءًا رئيسيًا من كلوريد الصوديوم (ملح الطعام). وتُضاف الفلوريدات (مركبات الفلور) إلى معاجين الأسنان ومياه الشرب لمكافحة تآكل الأسنان. وتُستخدَم مركّبات الكلور والفلور الكربونيّة لمكافحة الآفات (كالحشرات والفُطور والطحالب المؤذية) وفي أجهزة التبريد. لكنّ البحث جارٍ عن بدائل لها بعد أن اكتُشِف أنها تُضرّ بالبيئة. والمعروف أنّ جميع هاليدات الفضة حسّاسة للضوء، لذا تُستخدَم في الأفلام والورق الفوتوغرافي؛ وبروميد الفضة هو أكثرها استعمالًا في هذا المجال. الهالوجينات جميعها شديدة الفاعليّة، وكلّها تحوي ذراتها سبعة إلكترونات في الغلاف الخارجي.



تتألف المجموعة ١٧ من: الفلور (فل) والكلور (كل) والبروم (بر) واليود (ي) والأستاتين (ست) المشع

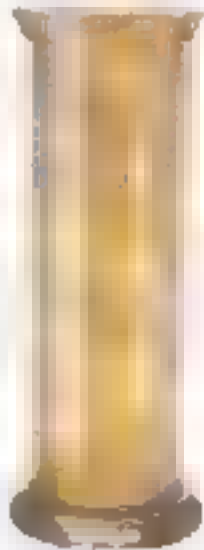
## الفلوريت المتفلور

يوجد الفلور في

الطبيعة في معادن كالفلوريت (فلوريد الكالسيوم) ذي البلورات التكعيبيّة المتنوعة الألوان تبعًا لشوائبها المختلفة. والكثير من هذه البلورات بتفلور (يتألق لفضًا) في الأشعة فوق البنفسجيّة.

## الكلور

الكلور غازٌ أصفرٌ مخضرٌ، خائِبٌ الرائحة سامٌ. وكسائر الهالوجينات، يتحد الكلور بسهولة مع الهيدروجين والماء لإنتاج حامض قويّ جدًا هو حامض الهيدروكلوريك.



## كلورة الماء

يمكن تحضير الكلور من محلول الملح المركز بالتحليل الكهربائي. والكلور مادةٌ تفصير قويّةٌ تبيّض الألوان؛ كما إنّهُ مُطهرٌ ومُعقّمٌ. فقال يُستخدَم لمعالجة الماء في أحواض السباحة ومحطات تنقية المياه.



## اليود في الأعشاب البحرية

يوجد اليود بمقادير ضئيلة في مياه البحر وفي الأعشاب والطحالب البحرية. واليود عنصرٌ مهمٌ في نشاط الغدّة الدرقيّة التي تُنظّم مستويات الطاقة والنّمو في صغار الثدييات. ويؤدي افتقار الجسم لمركّبات اليود (اليوديدات) إلى تضخّم الغدّة الدرقيّة يُرافقه تورّم في مقدم الرقبة وجانبيها.

## اللّدائن الرّقيقة

تُظَلّى بواطن القدور والمقالي (حج، مقلاة) بطبقة من التفلون (وهو مُبلّتر لدائني من رابع فلور الإيثين المتعدّد) الشديّد الرّقبة لمنع التصاق ما يُطبخ أو يُقلى فيها. هذا المركّب عديم الفاعليّة جدًّا ولا يتأثر بالحرارة - مما يجعله مثاليًا لهذا الغرض.

التفلون صامدٌ فغال لجميع الكيماويات الأخرى - حتّى البيضة لا يلصق منها شيء بمقلاة التفلون.



## ثقب الأوزون

مركّبات الكلور والفلور الكربونيّة المُتغلّبة في الهواء من أجهزة التبريد والمبرّدات الضويّة المختلفة تصاعدت إلى أعالي الجوّ، فتفاعل مع الأوزون وتفتّكه، مُخلّقةً ثُحاحات في طبقة الأوزون الواقيّة. وهذا يُفسح المجال لتسرّب كمّيّات مؤذية من أشعّة الشمس فوق البنفسجيّة إلى الأرض.

## اليود

اليود جامدٌ أرجوانيٌّ مُسوّد اللون برّاق، يتصدّد بالتسخين مُطلقًا بخارًا أرجوانيًا. تُستخدَم مركّبات اليود (اليوديدات) في تحضير أصباغ مُعيّنة، وكموادّ حفّازة في الصناعة. هذا ويختبر وجود النشا باللون الأزرق المُسوّد الناتج من إضافة اليود زطلا إلى.

بعد توضّح التأثير المؤذي لمركّبات الكلور والفلور الكربونيّة، يجري العمل على إيجاد غازات دسّر بديلة في مرزّات الضويّات المختلفة.



حاليًا تظهر ثقب الأوزون بانتظام، شتاءً، فوق القطب الجنوبي للأرض.



## لمزيد من المعلومات انظر

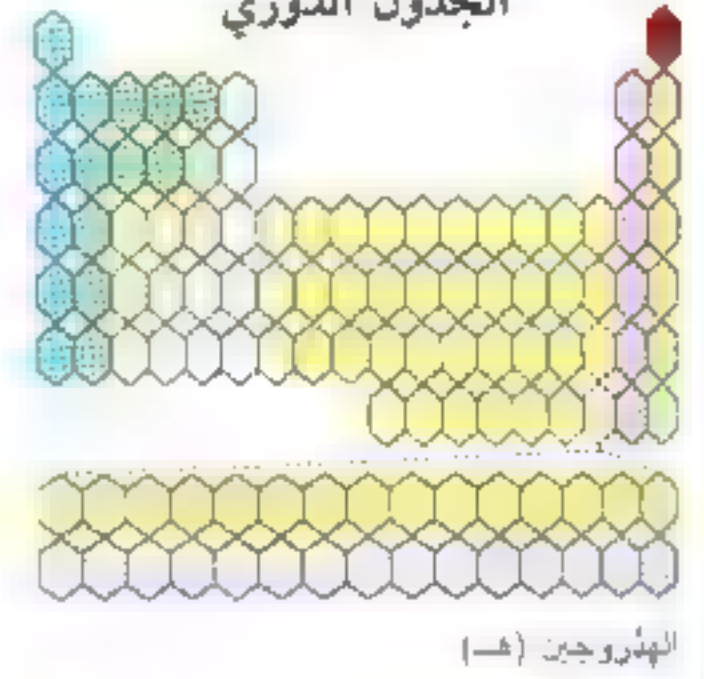
- التّرابط الكيماوي ص ٢٨
- الجدول الدوري للعناصر ص ٣٢
- الأكسجين ص ٤٤
- صناعة الفلويّات ص ٩٤
- التلوث الصناعيّ ص ١١٢
- التصوير الفوتوغرافي ص ٢٠٦
- دورات في الغلاف الجوّيّ ص ٣٧٢
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٢



# الهيدروجين

الهيدروجين غاز عديم اللون والطعم والرائحة. ورغم أنه أخف العناصر فهو أكثرها توافراً في الكون (إذ يؤلف حوالي ٧٥٪ من مادته). استخدامات الهيدروجين متعددة - مثلاً في هدرجة الزيوت النباتية وتحويلها إلى شمع كالمرغرين، وفي تزع الكبريت من منتجات النفط وزيادة كمية البنزين المستخلصة منه. لكن الاستخدام الأكثر للهيدروجين هو في صنع الأمونيا - المهمة في إنتاج الأسمدة وكيماويات أخرى. كما وياً، قد يتفاعل الهيدروجين مع الفلزات أو مع اللافلزات (مكوّنًا أحياناً أيونات الهيدروجين). وتُعزى حامضية الحوامض كلها إلى أيونات الهيدروجين في تركيبها.

## الجدول الدوري



الهيدروجين (H)

## الهيدروجين في الكون

لا يقتصر وجود الهيدروجين كونه على النجوم ومنظوماتها فقط بل في مادة السديم التي تتواجد في الفضاءات فيما بينها أيضاً.

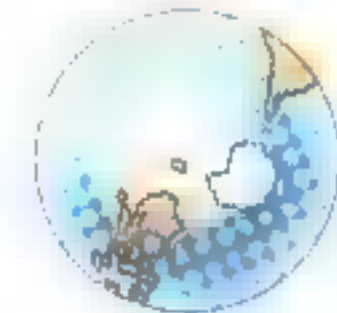
## الهيدروجين في الشمس

يجرم العلماء أن مصدر طاقة الشمس التي نلعم بنورها ودفئها هو الطاقة المتولدة من تفاعلات ذرات الهيدروجين، بفعل الضغط ودرجة الحرارة الهائلين في باطنها، مكوّنة الهليوم مع تحويل بعض المادة إلى طاقة. ومثل هذا الاندماج النووي يحصل في النُجُمة الهيدروجينية المتدمرة.

## الهيدروجين في الأرض

في الأرض كميات كبيرة من الهيدروجين.

الذي يؤلف حوالي ١١٪ من مادة الماء (H<sub>2</sub>O) فيها. وهو، مع الكربون، أوسع العناصر تواجداً في الكائنات الحية والنوفاً الأخفوزية، كالخم والتفط.



## الهيدروجين وقود المستقبل

لقد تم صنع سيارات تجريبية تُسير بالهيدروجين. ألقا مصدر الوقود فيها فهو مركب هيدروجيني يُطلق الهيدروجين عند إخمائه. وببيرة هذه السيارات أنها لا تُلوّث البيئة. فاحتراق الهيدروجين يُنتج ماء.

## هنري كافنديش

اكتشف العالم الإنكليزي، هنري كافنديش (١٧٣١-١٨١٠)، غازاً دعاه الهواء اللهب، وأجرى عدّة تجارب لتحديد خواصه؛ وبيّن بأنه يُكوّن ماءً إذا ما احتُرق في الهواء.

فكان ذلك بُرْهاناً أن الماء ليس غصراً مستقلاً، كما كان يُظنُّ. وأطلق لأفوازيه لاحقاً (عام ١٧٨١) اسم الهيدروجين (أي مُكوّن الماء) على هذا الغاز.



## لزيد من المعلومات انظر

- البنية الذرية ص ٢٤
- الجدول الدوري للعناصر ص ٣٢
- الأكسدة والاختزال ص ٦٤
- قياس الحموضة ص ٧٢
- الأمونيا ص ٩٠
- مصادر الطاقة ص ١٣٤
- الطاقة النووية ص ١٣٦
- الشمس ص ٢٨٤
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٢

سيارة وقودها الهيدروجين



## المناظيد والشفن الهوائية

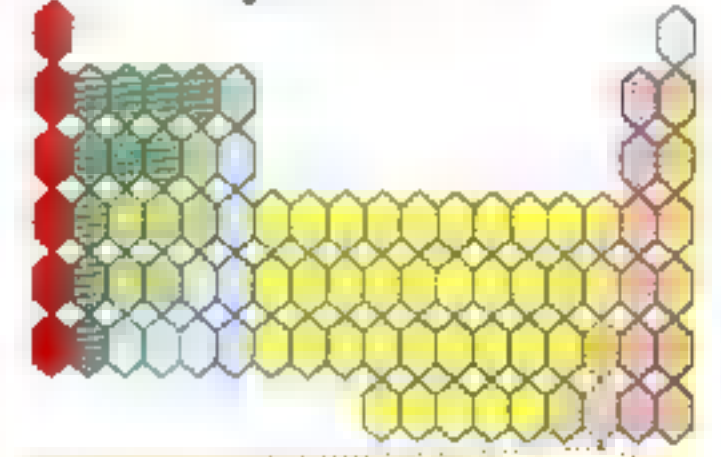
المفروض أن الهيدروجين، بسبب خفته الفائقة، مثالي لتعبئة البالونات والمناظيد - وقد استخدم فعلاً لذلك وما زال لكن استخدامه في الشفن الهوائية توقف، بسبب لهيبته، بعد كوارث التفجّر التي أودت بحياة الكثيرين كما في كارثة المنطاد هيندرسج عام ١٩٣٧.



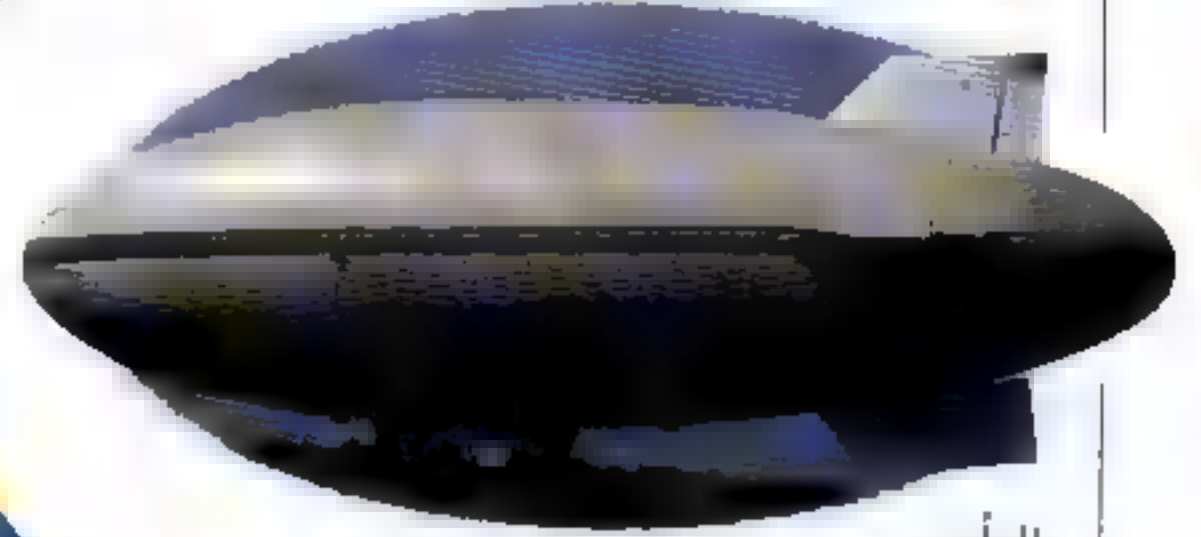
# الغازات النبيلة

تُعبأ بالبالونات التي تُطلق في الجو بهجةً بغاز الهليوم، وهو أحد الغازات الستة في المجموعة ١٨ من الجدول الدوري. وتُعرف هذه العناصر بالغازات النبيلة، وتُشكل قرابة واحد في المئة من الهواء. والنيون غاز نبيل آخر مألوف جدًا في أنوار النيون الزاهية الألوان. أما الرادون المُشع فيُشع من انحلال الراديوم، ويؤلف قدرًا كبيرًا من إشعاعات الخلفية التي تُصادف في مناطق الصخور الغرانيتية. وتُعرف الغازات النبيلة أيضًا باسم الغازات النادرة أو الخاملة؛ فالكيميائيون لم يتمكنوا إلا من صنع بضعة مركبات فقط منها. فهذه الغازات نادرة التفاعل مع أي شيء، وهي مُستقرّة جدًا لأن الغلاف الخارجي لكل منها كامل التعبئة بالإلكترونات.

## الجدول الدوري



تتألف المجموعة ١٨ من: الهليوم (هي) والنيون (نن) والارجون (غو) والكربون (كن) والزنون (نز) والرادون (ر) المُشع

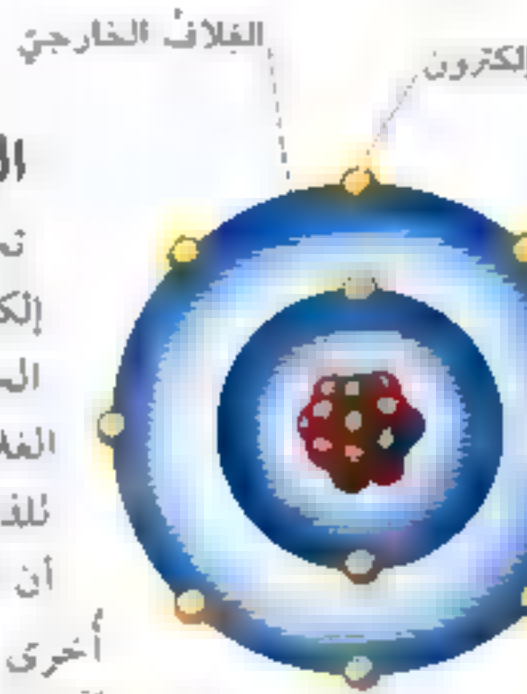


## الهليوم

الهليوم أخف العناصر بعد الهيدروجين؛ وكلاهما أخف كثيرًا من الهواء. يُستخدم الهليوم، بدلًا من الهيدروجين، في تعبئة المناطيد والسفن الهوائية الحديثة لأنه مأمون أكثر، فهو لا يحترق. يحوي هواء الجو مقدارًا ضئيلًا جدًا من الهليوم، لكن بعض مكابن الغاز الطبيعي تحوي كميات كبيرة منه؛ وهي المصدر التجاري الرئيسي لهذا الغاز.

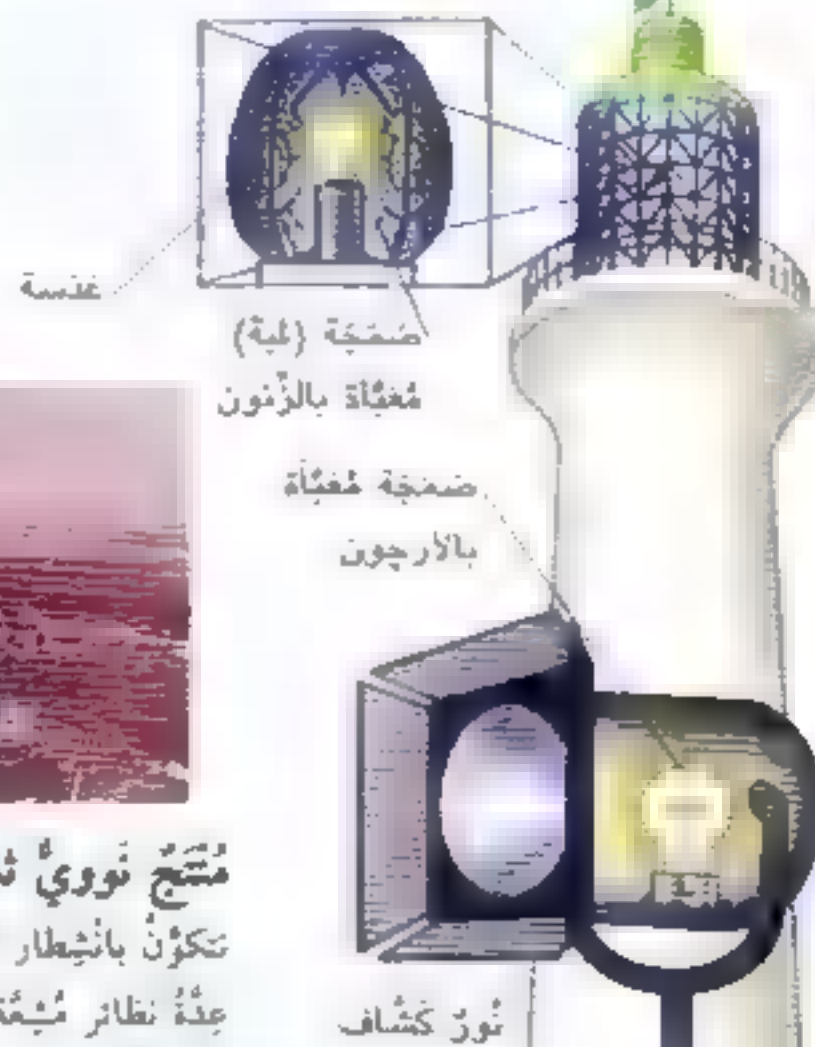
## الغلافات الكاملة

تحتوي ذرة النيون ثمانية إلكترونات في غلافها الخارجي، وبها يكون هذا الغلاف مكتملاً - فلا حاجة للذرة أن تفقد إلكترونات أو أن تكسبها، فتتربط مع ذرات أخرى. كذلك فإن الغلافات الخارجية لجميع الغازات النبيلة مكتملة؛ وهذا يفسر تحمّلها فاعليتها واستقرارها.



## أضواء النيون

تتولد ألوان قوس قزح النيون هذه بإمرار الكهرباء خلال الأنابيب المغنّاة بغاز نبيل ومواد أخرى على ضغط خفيف. ويُنتج كل غاز نبيل ألوانًا مختلفة؛ كما تُضاف مواد أخرى لإنتاج ألوان أكثر. فالهليوم ينتج ضوءًا أصفر، والنيون ضوءًا أحمر برتقاليًا متألّقًا، ويسطع الأرجون بضوء أزرق، والكربون بضوء بنفسجي.



## مُنتج نوويّ ثانوي

تتكوّن بالنيطار اليورانيوم النوويّ عدّة نظائر مُشعّة للكربون، منها غاز الكربون-١٤٥. وهذا يُنتج من محطات القدرة النووية. وقد تمكنت الولايات المتحدة، خلال الحرب الباردة، من متابعة النشاط النوويّ السوفياتي عن طريق قياس كمية الكربون-١٤٥ في الهواء.

## وليم رامزي

في عام ١٨٩٤،

اكتشف اللورد رايلي (١٨٤٢-١٩١٩)

والكيميائي وليم رامزي (١٨٥٢-١٩١٦) غاز

الارجون. وكان قد تمّ

بطيافيًا اكتشاف وجود

الهليوم في الشمس؛ ثمّ

اكتشف رامزي وجوده على الأرض عام ١٨٩٥.

وأنتج ذلك باكتشافه الكربون والنيون والزنون عام ١٨٩٨ - بعد أن

تمكّن من تحضيرها بتفطير الهواء السائل - فنال بذلك جائزة نوبل للكيمياء عام ١٩٠٤.

وفي عام ١٩١٠، تمّ له اكتشاف الرادون.



## أنوار الغازات

يُستخدم الأرجون والزنون في المصابيح الكهربائية. فتُضخّ المصابيح المُغْنِّاة بالزنون بنور أبيض مائل إلى الزرقة؛ وفي القنارات تُستخدم غالبًا المصابيح القويّة المغنّاة بالزنون، فسطع نور القوس الكهربائي وكأنه شرارة مُستمرة. هذا وتُعبأ المصابيح الكهربائية العادية بمزيج من الأرجون والنروجين، لأن هذا المزيج الخامل يحفظ فتيلة التنجستن، المهيّئة بشدّة الحرارة، مدة أطول.

مخطة نوفاوتشكايا للقدرة النووية في روسيا

## لمزيد من المعلومات انظر

- البنية الذرية ص ٢٤
- النشاط الإشعاعي ص ٢٦
- الجدول الدوري للعناصر ص ٣٢
- كيمياء الهواء ص ٧٤
- الطاقة النووية ص ١٣٦
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٢



# التفاعلات

يستخدم نحسور النياتات ضوء الشمس لنحسول ثاني اكسيد الكربون والماء إلى كربوهيدرات واكسجين.

تكتفد الفضائات وتسود تدريجيًا لأن كبريتيد الهيدروجين في الهواء يتفاعل مع الفضة شكوكًا طبقة رقيقة من كبريتيد الفضة.

ملايين التفاعلات الكيماوية تحصل من حولنا على الدوام في كل دقيقة، بعضها تفاعلات طبيعية وبعضها الآخر نتيجة لأنشطة الإنسان. ففي داخل أجسامنا يمثل الطعام الذي نتأوله في سلسلة من التفاعلات المعقدة ليؤودنا بالطاقة. وتنهك النباتات في تحويل ثاني أكسيد الكربون والماء، إلى كربوهيدرات وأكسجين - في عملية التخليق الضوئي المستخدمة طاقة الشمس. وفي أجواء الأرض العليا تجري بلا هوادة تفاعلات ترشح أشعة الشمس كيماويًا من الأشعة فوق البنفسجية المؤذية التي قد تهدد الحياة على الأرض. وفي المختبرات، يستخدم العلماء التفاعلات الكيماوية بأشكال شتى في عمليات لا حصر لها لتصنيع الأدوية الجديدة، أو لحفظ الأغذية من الفساد، أو لتحويل النفط الخام إلى بنزين، أو لتوفير المواد العديدة اللازمة لإعداد ملابسنا وتجهيز منازلنا.

الكفلة المخبزة لا تشبه مقوماتها من الطحين والبيض والزبدة والسكر. فهذه قد تغيرت بالتفاعلات الكيماوية.

عند غسل الصحن، يفتك المنظف الصابوني الأوساخ والدهون ويزيلها بخصف التوتر السطحي للماء.

بوظة (جيلاتي) منصهرة

كفلة جاهزة

## التغير الطبيعي

البوظة المنصهرة مثل جيد على التغير الطبيعي؛ فالبوظة لم تتغير كيماويًا - قد تبدو مختلفة، لكن طعمها وخواصها الكيماوية باقية على حالها. التغيرات الطبيعية ليست دائمة، بل عكوسة - فالبوظة المنصهرة يمكن إعادة تجميدها ثانية بوضعها في المجمدة.

## التغير الكيماوي

خبز الكعكة مثل جيد على التغير الكيماوي.

فمذاق الكعكة وخواصها تغيرت بعد خبزها تغيرًا جذريًا عن مذاق وخواص مقوماتها - فهي الآن مختلفة كيماويًا. إن معظم التغيرات الكيماوية تغيرات دائمة - فلا يمكنك إعادة الكعكة المخبزة إلى طحين وزبدة وبيض وسكر. لكن هناك بضع تغيرات كيماوية عكوسة.



فرانسيس بيكون

كان فرانسيس بيكون (1561-1626) محاميًا ومُخبرًا وشخصية سياسية إنكليزية مرموقة. ونذكر هنا مقولته الشهيرة في كتابه «الأسلوب الجديد» الذي صدر عام 1620: «إن النظريات حول خواص المادة ذات جدوى فقط إذا أُدلتها التجارب».

## روبرت بويل

الكيميائي الإيرلندي، روبرت بويل، (1627-1691) أحد أول الكيميائيين الحديثين شدد في كتابه المشهور «الكيميائي المشكك»، الصادر عام 1661 على أهمية التجارب بقوله: «إن جميع الآراء يجب أن تخضع للإختبار والتجربة للتحقق من صوابيتها». وهو خلال تجاربه الدقيقة على الغازات، اكتشف قاعدة مهمة حول مسلكها تُعرف بقانون بويل.



## المختبرات الحديثة

نحوي المختبرات العلمية أضافًا شتى من التجهيزات يستخدمها العلماء في تجاربهم المختلفة. فبعض العلماء، مثلاً، يدرسون التفاعلات المتعلقة بتكون المطر الحامض عليهم يجدون سيلاً لمنعه؛ وقد يجري علماء آخرون تفاعلات كيماوية لتصنيع مواد جديدة أو لاكتشاف علاج شافٍ من مرض معين.

تجهيزات علمية من القرن الثامن عشر

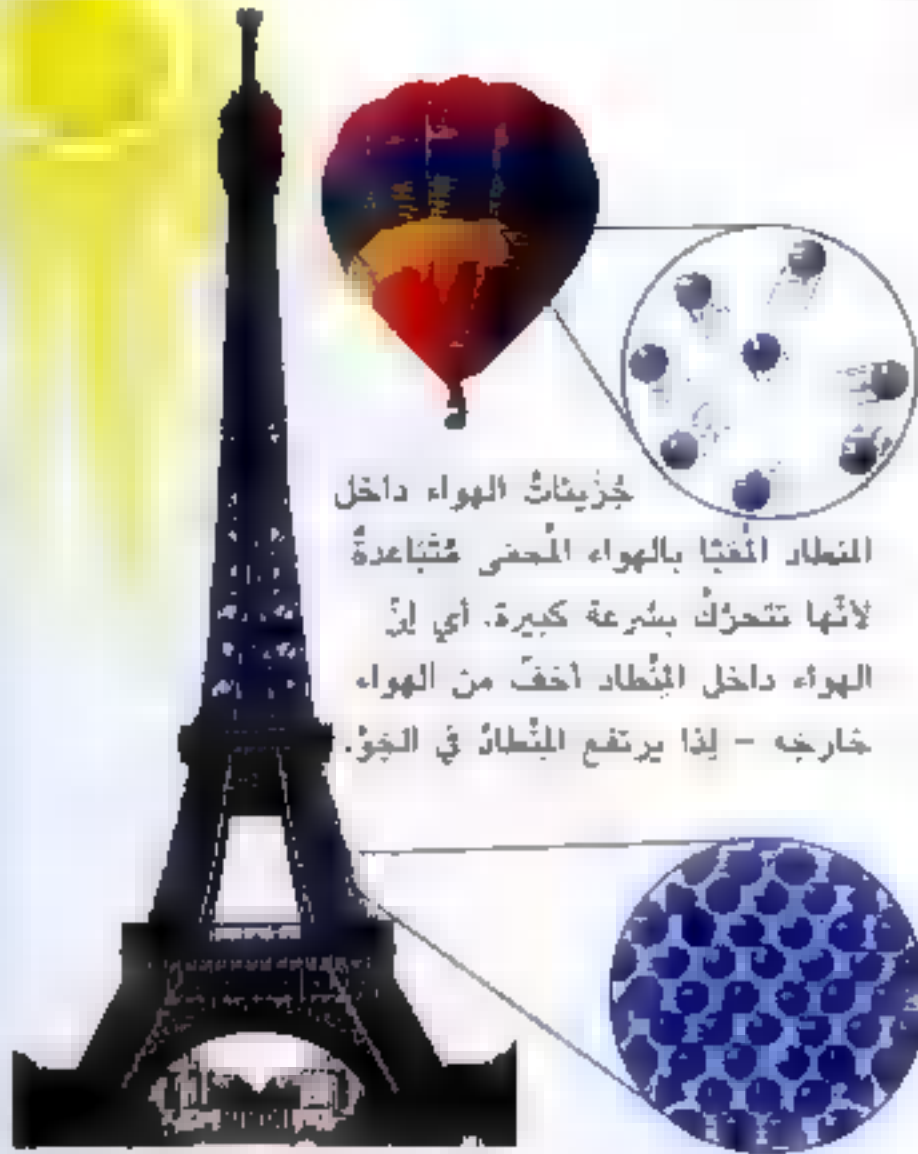




# النَّظَرِيَّةُ الحَرَكِيَّةُ

أُمِّكَ تَطْهُو في المَطْبَخ، وَأَنْتَ في عُرْفَتِكَ تَشُمُّ رَائِحَةَ الطَّعَام - هل تساءلت لماذا؟ النظرية الحركية تُقَدِّمُ لك الجواب. إنَّ الجزيئات الغازية الدقيقة المنطلقة من الطعام الساخن والمُدَوِّمة في الهواء سُرْعَان ما يَصِلُ بعضها إلى أنْفِكَ. فالذرات والجزيئات التي تُولَفُ كلَّ شيءٍ حولنا هي في حركة دائمة، حسب النظرية الحركية؛ وتزداد سرعتها بارتفاع درجة الحرارة فتشغل حيزًا أكبر. لكنَّ جسيمات المواد لا تتحرك بالمَنَوَالِ نفسه -

فجسيمات الجوامد، المُتقاربة التراصُّ والشديدة التماسك، تقتصر حركتها على التذبذب (أو الاهتزاز) في مواضعها؛ وتتحرَّك جسيمات السوائل بحرية أكثر فتتسبب ميوعة، لكنها تظلُّ مُتقاربة متماسكة. أما جسيمات الغاز المتباعدة والضعيفة التماسك فسرعة الحركة لا محدودية الانتشار.

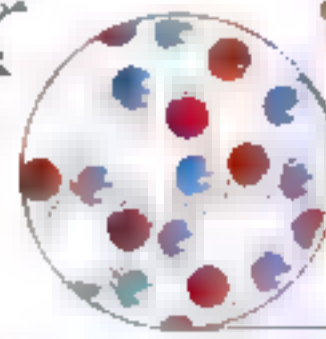


جزيئات الهواء داخل المنطاد المنفخ بالهواء المنضج متباعدة لأنها تتحرك بسرعة كبيرة. أي إنَّ الهواء داخل المنطاد أخف من الهواء خارج - إذا يرتفع المنطاد في الجو.

الحرارة المرتفعة تُسرِّع

تذبذب جسيمات الجوامد فتشغل حيزًا أكبر. وهذا يُقلِّل تمدُّد بُرْجِ إيفل في باريس بمقدار ٧,٥ سم صيفًا.

مزيج متجانس من جسيمات البروم والهواء.

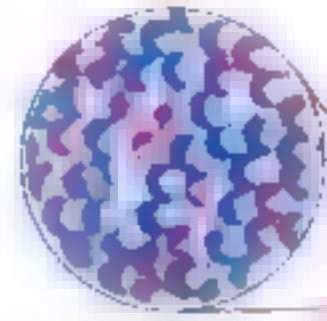


## التمدد

إذا سُخِّنَ جِسْمٌ، كهذا الترمومتر مثلاً، فإنَّ سرعة جسيماته (أو مدى اهتزازها) يَتَزَايِدُ لِتَشْغُلَ حيزًا إضافيًا، فنقول إنه تَمَدَّد. إذا يحرص مهندسو السكك الحديدية على ترك فجوات بين القضبان احتسابًا لتمدُّدها في الطقس الحار. تَمَدُّدُ السَّوَالِ عَشْرَةُ أَصْعَافٍ تَمَدُّدُ الجوامد، أما الغازات فتَمَدُّدها حوالى ١٠٠ مرة أكثر من السوائل.



مزيج من جسيمات الماء وبرتقالات البوتاسيوم

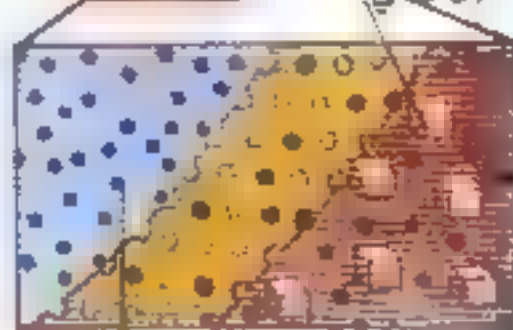


## الانتشار في الماء

إذا أُلْقِيَتْ قَلِيلًا من بَلُورَاتِ بَرْتَمَنْغَاتِ البوتاسيوم في الماء فسرعان ما يتسرب لونها الأرجواني فيه لأن جزيئات الماء تَرمِطُ جسيمات البرتقالات وتدفعها باستمرار. كذلك، إذا نُقِيت أوراق الشاي في الغلاية، فسُكِبَ الماء كُلُّهُ نكهتها ولونها في فترة قصيرة.



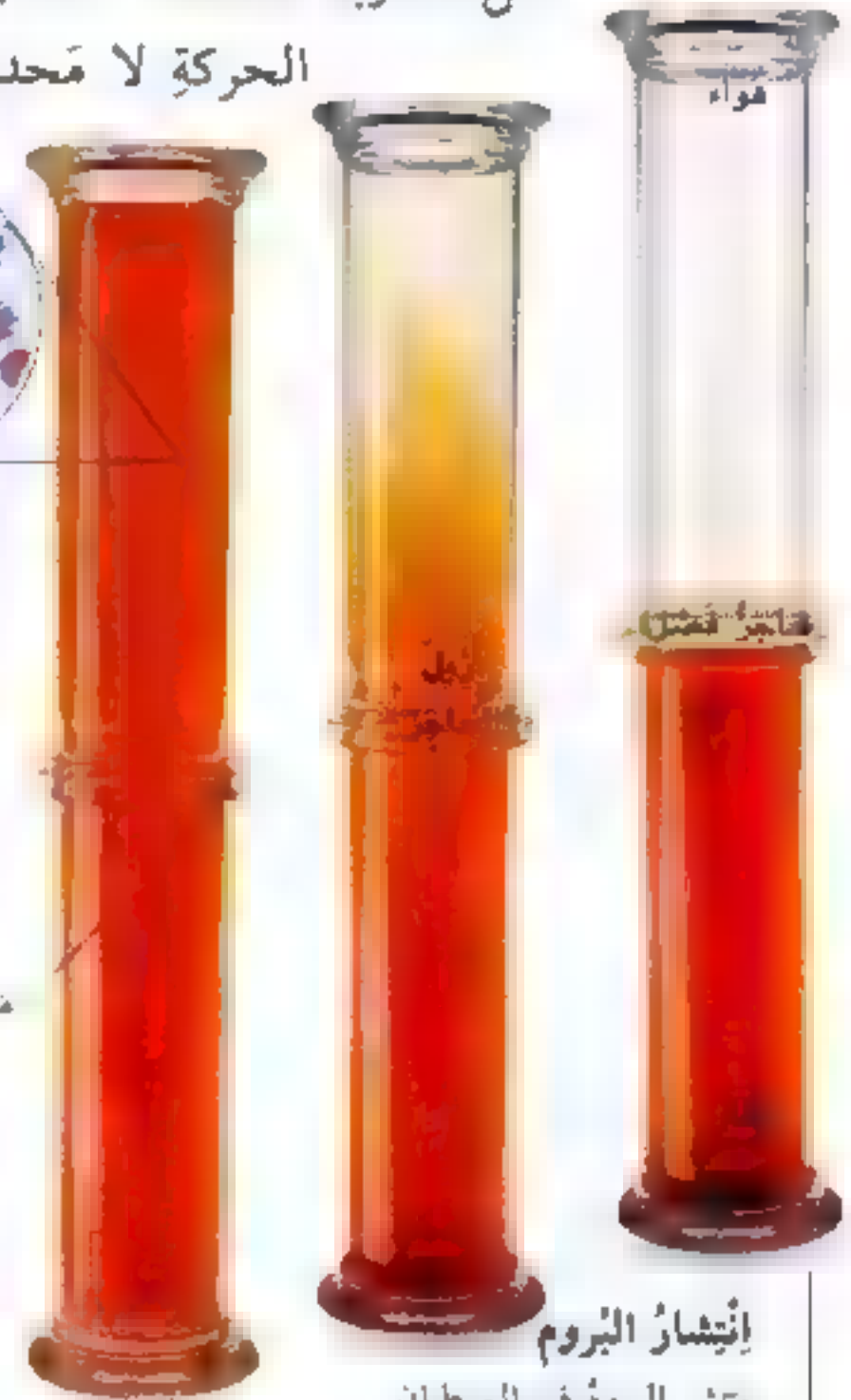
جسيم جزيئي



تنتشر جزيئات الماء غير المسمم دون الأوساخ.

## الانتشار

تنتشر الغازات لتُملأ أي حيز متاح، لأن جسيماتها تتحرك بسرعة كبيرة. وخاصية الانتشار هذه هي سبب انتقال الروائح بسرعة. فعندما يُخَبَّرُ الكعك في الفرن، مثلاً، تنتشر رائحته سريعًا في سائر أرجاء المنزل.



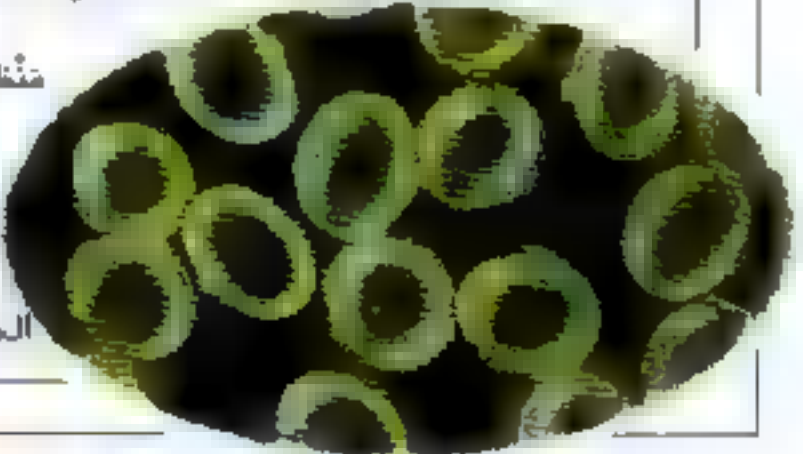
## انتشار البروم

يتسرب البروم في المرطبان ليملا كامل الحيز متاح. وإذا قُلِبَ مرطبان ثانٍ فوق الأول، فالغاز سُرْعَان ما يتسرب ليملاهُ أيضًا.

## الحركة البراونية

بينما كان عالم النبات الإسكتلندي، روبرت براون، يتفحص عينة من حبيبات غبار الطلع عام ١٨٢٧ أدهشه رؤية بعضها تتفكر عشوائيًا على سطح الماء. وقد علَّل العلامة البرت أينشتاين هذه الظاهرة بعد ثمانين عامًا، مُستخدِمًا النظرية الحركية، بأن حركة جزيئات الماء الدقيقة غير المَرْتَبَةِ هي التي تقذف حبيبات غبار الطلع باستمرار فتُسبب تفكرها. وتُعرف هذه الحركة الآن بالحركة البراونية.

منظور مكبر لحبيبات غبار الطلع من البسمل الحلوة في الماء



## لودفغ بولتزمان

في السنين من القرن التاسع عشر طوَّر العالم النمساوي، لودفغ بولتزمان (١٨٤٤-١٩٠٦) النظرية الحركية للغازات. وقد جُوبِهُت نظريته الحركية بمعارضة شديدة من علماء عصره؛ ففُتِّه ذلك كثيرًا وأدَّى إلى الانتحار.



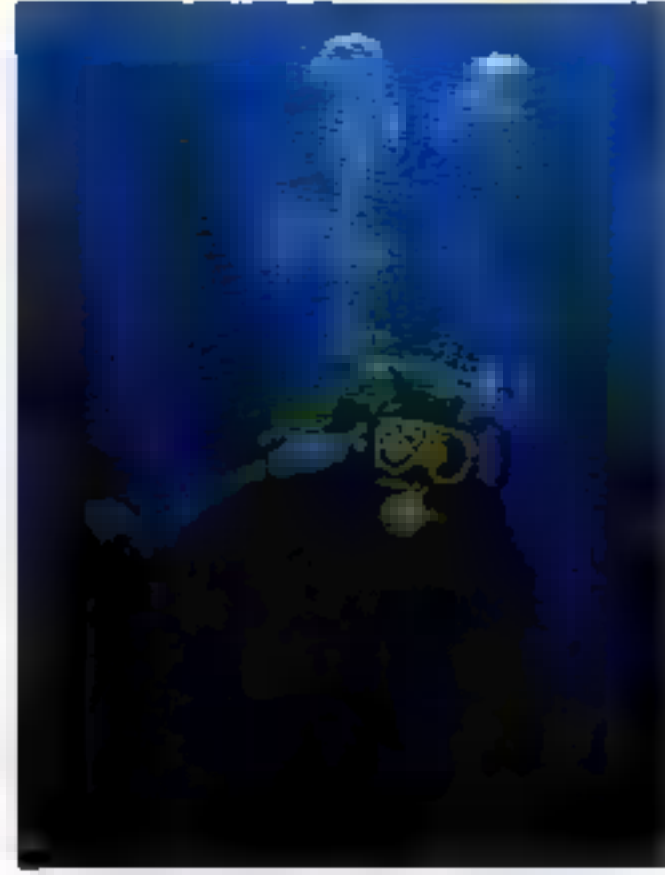
## لمزيد من المعلومات انظر

- حالات المادة ص ١٨
- سلوك الغازات ص ٥١
- سرعة التفاعلات ص ٥٥
- الحرارة ص ١٤٠
- نظام الثقل في النبات ص ٣٤١
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٤



# سلوك الغازات

تجول جسيمات الغاز بحرية وبسرعة كبيرة؛ لذا تحدث التغيرات في درجة حرارة الغاز أو حجمه أو ضغطه ظواهر مثيرة. فمن الخطر مثلاً، ترك مرذاذ في موضع حار، لأنه بارتفاع درجة الحرارة، تزايد سرعة جسيمات الغاز في داخله فيتزايد ارتطامها وتدافعها على جوانب المرذاذ مما قد يتسبب في انفجاره - إذ يؤدي تسخين علبة الرذاذ إلى ارتفاع ضغط الغاز بداخلها. مثل هذه الظواهر لاحظها ودرسها العلماء في القرنين السابع عشر والثامن عشر، واستنبطوا بعض القوانين التي ما زالت تستخدم للتنبؤ بسلوك الغازات.



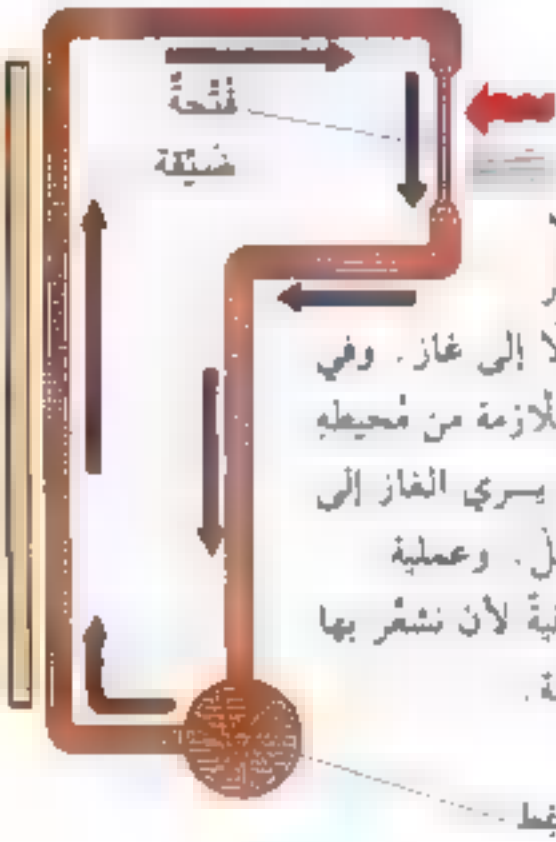
## قانون بويل

فقائيع الغاز التي ينفثها الفواص تكبر تدريجياً كلما ارتفعت نحو السطح. فهي صغيرة الحجم تحت ضغط السائل الأكثر في العمق، وكلما ارتفعت نحو السطح يقل السائل الضاغط عليها، فيزداد حجمها. وهذا في الواقع، مثل عملي على قانون اكتشافه الكيميائي الإيرلندي، روبرت بويل، عام ١٦٦٢. ينص قانون بويل على أن «حجم الغاز يتناسب عكسياً مع الضغط الواقع عليه - في ثبوت درجة الحرارة»، أي أنه بزيادة الضغط يقل الحجم.

يقلل قانون بويل سبب تزايد حجم الفقائيع المنطلقة من الفواص كلما اقتربت من سطح الماء.

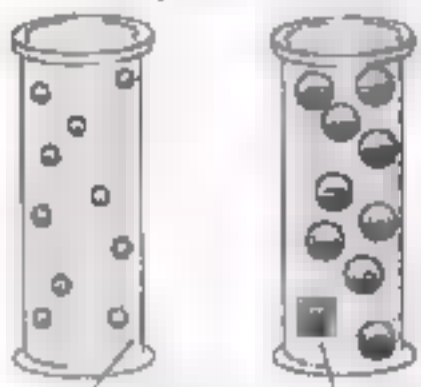
## جهاز التبريد

يدور سائل التبريد في أنابيب التلاجة باستمرار، وعندما يتغير فتحة ضيقة يتمدد بسرعة متحولاً إلى غاز. وفي تحوله إلى غاز، يمتص الحرارة اللازمة من محيطه (أي من داخل التلاجة) فيبرده. ثم يسري الغاز إلى الضاغط الذي يحوله ثانية إلى سائل. وعملية التسييل بالضغط هذه تطلق حرارة كافية لأن نشعر بها في خلفية التلاجة.



## قانون أفوجادرو

إذا ملأنا وعاء بالكلور وآخر مائلاً له تماماً بالأكسجين، فإن كلا الوعائين يحوي العدد نفسه من الجزيئات. وهذا صحيح رغم أن وزن جزيء الكلور ضعف وزن جزيء الأكسجين. هذه القاعدة اكتشفها أمداد أفوجادرو، الفيزيائي الإيطالي، عام ١٨١١. وينص قانون أفوجادرو على أن «الحجوم المتساوية من الغازات تحوي عدداً مماثلاً من الجزيئات في درجة حرارة وضغط مماثلين».



جزيء كلور جزيء أكسجين

## لمزيد من المعلومات انظر

- حالات المادة ص ١٨
- تغيرات الحالة ص ٢٠
- النظرية الحركية ص ٥١
- كيمياء الهواء ص ٧٤
- الضغط ص ١٢٧
- القوى في الموائع ص ١٢٨
- الحرارة ص ١٤١
- حقائق وتعليلات ص ٤٠٤

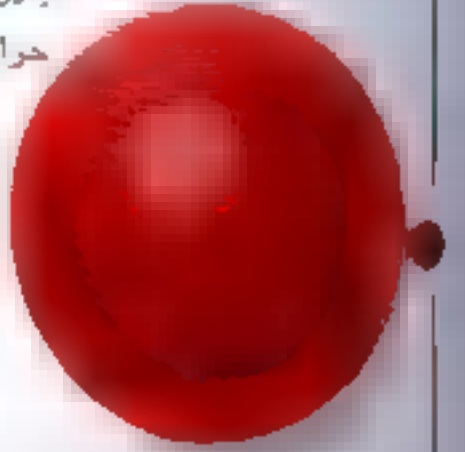
ينفث البالون في السائل البارد.



يبدأ البالون بالتمدد عندما تنتشر حركة جزيئات الغاز في الهواء الأثقل.



يتوسع سائل على درجة حرارة ١٩٦°س



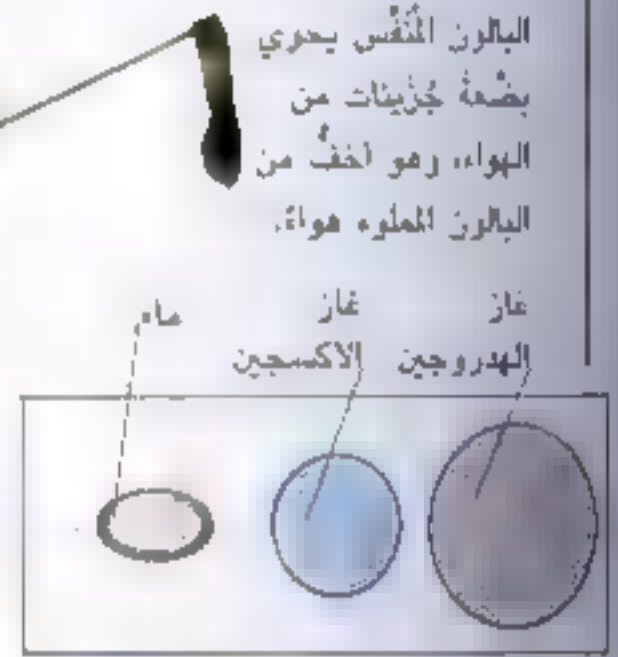
## قانون شارل

ينقبض البالون المملوء بالهواء عند وضعه في وعاء انثروجين السائل. فدرجة الحرارة المنخفضة جداً تُبطئ سرعة جزيئات الهواء داخل البالون، فيقل تدافعها وارتطامها بجدران البالون فينكمش. وقد اكتشف العالم الفرنسي، جاك شارل العلاقة بين درجة الحرارة وحجم الغاز عام ١٧٨٧. وينص قانون شارل على أن «حجم الغاز يتناسب طردياً مع درجة الحرارة المطلقة، عندما الضغط ثابت» - فإذا قلت درجة الحرارة إلى النصف يقل حجم الغاز أيضاً إلى النصف.

جداً تُبطئ سرعة جزيئات الهواء داخل البالون، فيقل تدافعها وارتطامها بجدران البالون فينكمش. وقد اكتشف العالم الفرنسي، جاك شارل العلاقة بين درجة الحرارة وحجم الغاز عام ١٧٨٧. وينص قانون شارل على أن «حجم الغاز يتناسب طردياً مع درجة الحرارة المطلقة، عندما الضغط ثابت» - فإذا قلت درجة الحرارة إلى النصف يقل حجم الغاز أيضاً إلى النصف.

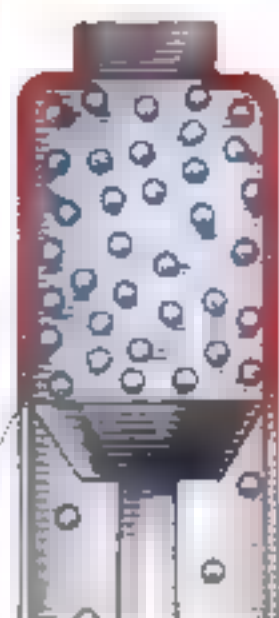
## للغازات وزن

قد يشاد إلى أذهاننا أن الغازات عديمة الوزن لأن معظمها لا يرى، وهذا غير صحيح. فجميع الغازات لها كتلة ما لأنها تتألف من جسيمات. ولو توازن بالونين مملوءين بالهواء، ثم تنفخ أحدهما بديوس، فستشاهد أن البالون المليء بالهواء أصبح أثقل.



## قانون غي لوساك

في العام ١٨٠٨، اكتشف الكيميائي الفرنسي، جوزيف لويس غي لوساك، أنه عندما يتفاعل الهيدروجين والأكسجين لينتجا الماء، فإن حجمين من الهيدروجين يتفاعلان دائماً مع حجم واحد من الأكسجين. وبمتابعة أبحاثه اكتشف أن نسبة أحجام الغازات التي تتفاعل بعضها مع بعض بشحمتها هي نسبة عددية صحيحة وبسيطة. ويُعرف هذا بقانون غي لوساك.



## متفاح الدراجة

تجس دائماً بشخونة متفاح الدراجة عند استعماله. وذلك لأن جزيئات الهواء في داخله تُرغم على التراص في حيز أقل، فتزداد سرعة ارتطامها بجدران المتفاح فيسخن.

تسخن جدران المتفاح مع تزايد سرعة ارتطام الجزيئات بها.



# التفاعلات الكيميائية

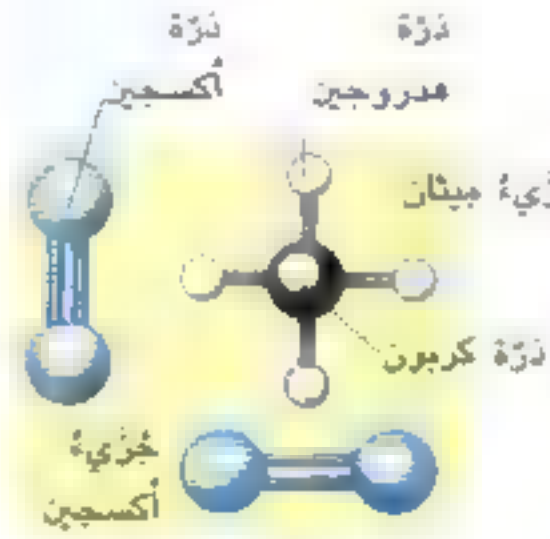


التفاعل الكيميائي هو ببساطة، تفكك أو انحلال مواد، وتكون مواد جديدة من الأجزاء المفككة. وهذا يعني حدوث تغير في البنية الجزيئية للمواد المتفاعلة وخواصها. ففي البنية الجديدة للمواد الناتجة (المنتجات) يُعاد ترتيب الذرات والجزيئات مُجدداً. وهذا يتطلب تفكيك الروابط الكيميائية في المتفاعلات وتشكيل روابط جديدة في المنتجات. إن تفكيك أي رابط كيميائي يتطلب طاقة، في حين تنطلق طاقة عند تكوين رابط جديد، وكلاهما يحصل في كل تفاعل كيميائي - وهذه الطاقة قد تكون حرارية أو ضوئية أو كهربائية. التفاعلات التي تُطلق حرارة تُسمى إكسوتيرمية (طاردة الحرارة)، وتسمى التفاعلات التي تمتص الحرارة إندوتيرمية (ماصة الحرارة).

## التفاعلات الطاردة للحرارة

عند احتراق الخشب، تنطلق طاقته الكيميائية كطاقة حرارية. وينتج هذا التفاعل على تفكك روابط كيميائية وتكوين روابط جديدة؛ لكن كمية الحرارة المُنتجة بالترابط أكبر من تلك المُستهكة بالتفكك. لذا، يُطلق التفاعل حرارة، ويُسخن المحيط حوله. فهذا مثل على تفاعل طارد للحرارة.

يتفاعل الميثان مع الأكسجين ليكوّن ثاني أكسيد الكربون وماء. وتُبنى الاشكال أدناه كيف تتفكك الروابط بين الذرات ثم تُعاد ترتيبها.



## التفاعلات الماصة للحرارة

يستخدم الرياضيون كمادات مبردة لتخفيف ألم الإصابات. فالتفاعل المُحدث في الكمادة يمتص الحرارة من جسم الرياضي، إذ إن الحرارة المُستخصة في تفكك روابط المتفاعلات في هذا التفاعل أكبر من تلك المُطلقة في تكوين روابط المنتجات. وهذا مثل على تفاعل إندوتيرمي (ماص للحرارة).

## تغير الروابط

في كل تفاعل كيميائي، تتفكك روابط في المتفاعلات لتشكل روابط المنتجات. الميثان مثلاً، المكون الرئيسي للغاز الطبيعي، يتألف من أربع ذرات هيدروجين مُترابطة مع ذرة واحدة من الكربون؛ فعند احتراق الميثان يتفاعل مع أكسجين الهواء وتتفكك جميع الروابط بين ذراته، وتتكون روابط جديدة لتؤلف ثاني أكسيد الكربون وماء. وحيث إن هذه الروابط الجديدة ذات طاقة كامنة أقل منها في الروابط الأصلية، فإن التفاعل يُطلق فرق الطاقة كحرارة.

يستخدم الشغنين الكهربائي تفاعلاً يُطلق الطاقة ككهرباء لينصق بها غرائسة.



## التفاعلات بالكهرباء

بعض التفاعلات يستخدم الكهرباء، وبعضها الآخر يُنتجها. فالشغنين الكهربائي مثلاً، يستطيع قتل السمك الضخام بصدمة كهربائية قد تبلغ شدتها ٢٢٠ فلو تولد من تفاعل كيميائي يحصل في خلاياه. والبرق الذي هو شرارة كهربائية ضخمة، يُحدث تفاعلات في الهواء - منها تكون ثاني أكسيد التروجين من التروجين والأكسجين؛ وتكوين الأوزون من الأكسجين.



يحدث البرق تفاعلاً بين التروجين والأكسجين يُنتج ثاني أكسيد التروجين، وهذا يذوب في ماء المطر ويتساقط على الأرض كحامض النتريك - أحد مُكونات المطر الحامض.

## طاقة التنشيط

معظم التفاعلات تحتاج إلى كمية معينة من الطاقة لتبدأ. لذا لا يشعل عود الثقاب ما لم يُنشط بالحك؛ كذلك لا تحترق قبيلة الشمعة ما لم يُقرّب منها عود ثقاب مُشعل. وتسمى كمية الطاقة اللازمة لهذه التفاعل طاقة التنشيط.



## التفاعلات بالضوء

الطاقة التي يُطلقها أو يمتصها تفاعل كيميائي قد تكون طاقة ضوئية. فتقطة الشرر تطلق حين تُشعلها ضوءاً ساطعاً أبيض اللون، والمُلففَات الإغلائية، كما الثياب، يُحول لونها بامتصاص ضوء الشمس القوي والتفاعلات الكيميائية الناتجة منه. كذلك يُخرض ضوء الشمس تفاعلات في جلد المُشمسين تكون يُحسب الميلانين الذي يحميهم بشعرة مُصغرة.

## لمزيد من المعلومات انظر

- الترابط الكيميائي ص ٢٨
- توصيف التفاعلات ص ٥٣
- سرعة التفاعلات ص ٥٥
- التحولات ص ٥٦
- تحولات الطاقة ص ١٣٨
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٤



# توصيف التفاعلات

الصيغ والمعادلات الكيميائية هي للكيميائي نوع من الكتابة المختزلة، كما إنها تُستخدم في توصيف الكيمائيات وتفاعلاتها. فالصيغة الكيميائية لأي مركب تبين نوع الذرات التي يتألف منها وبأي نسب. وتُعبّر المعادلة الكيميائية عن التفاعل الكيميائي، مُبيّنة المواد المتفاعلة ونسبها في طرفي المواد الناتجة في الطرف الآخر - متجاوزة مشاكل اللغة. ويُستخدم عادةً سهم بدلاً من علامة المساواة بين جانبي المعادلة لبيان اتجاه التفاعل. ويقترح بعض المُجَدِّدين (ولعلهم مُحَقِّقون) كتابة المعادلات الكيميائية برُموزها اللاتينية المُستخدمة في معظم أقطار العالم.



## الرموز والصيغ الكيميائية

السبعة العناصر التي عُرفت منذ القدم مثل كل منها بصورة فلكية. وبحوالى عام ١٨٠٠، اشتُبط جون دالتون، الكيميائي الإنكليزي، مجموعة من الرموز الطورية للعناصر المعروفة في أيامه. وفي عام ١٨١١، ابتدع جونز برزيليوس، الكيميائي السويدي، النظام المُعتمد اليوم حيث تُمثل العناصر بالحروف. ويمكن ضم هذه الحروف معاً اليوم حيث تُمثل العناصر بالحروف. ويمكن ضم هذه الحروف معاً اليوم حيث تُمثل العناصر بالحروف. ويمكن ضم هذه الحروف معاً اليوم حيث تُمثل العناصر بالحروف.

## الصيغ الكيميائية

حيثما كان

لكل مركب كيميائي

اسم وصيغة تبين

العناصر التي يتألف

منها. فالاسم

الكيميائي

للطبائير، مثلاً،

هو كربونات الكالسيوم. وصيغته الكيميائية هي

كاك. أي مع كل ذرة من الكالسيوم (كا) هناك ذرة

من الكربون (ك) وثلاث ذرات من الأكسجين (ا).

مخلول يُوَديد  
اليوتاسيوم في الماء



مخلول يُوَديد  
اليوتاسيوم في الماء



هذا مثل على  
تفاعل الإحلال  
المتبادل بين  
مركبتين.

المعادلة  
بالكلمات:  
المعادلة  
بالرموز:

يُوديد اليوتاسيوم + نترات الرصاص = يُوَديد الرصاص + نترات اليوتاسيوم

٢ يون أ. ذ. + صا. ج. ج.

٢ بوي. ذ. + صا (ن أ. ذ.)

يشير العدد ٢ إلى أن مجموعتين من  
النترات ترتبط مع كل ذرة من الرصاص.

نُستخدم أحياناً الرموز التالية لبيان حالة  
المادة الكيميائية: ج. = جامد، س. = سائل،  
غ. = غاز، ذ. = ذائب في الماء.

للتوازن المعادلة يجب أن  
يضاعف عدد جزيئات بوي  
(وغذاء جزيئات يون أ.)

## قانون بقاء الكتلة



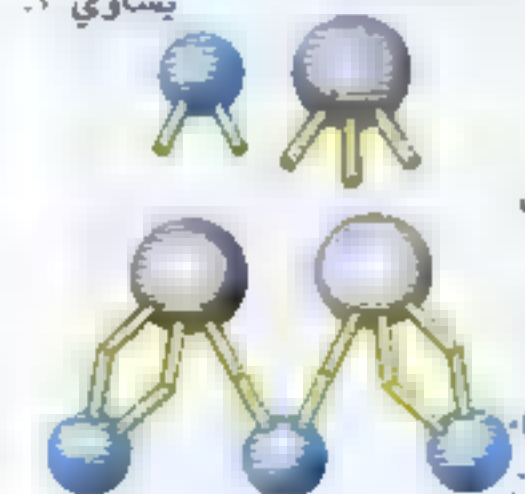
عندما يتصل تفاعل كيميائي لا يتلاشى من  
المضاعفات شيء. فقط ترتب الذرات مجدداً  
لتكوين المُنتجات. لذا يجب أن تكون المعادلة  
متوازنة وعدد الذرات متساوياً في كل من  
طرفيها. وهذا هو قانون بقاء الكتلة، الذي ينص  
على أن مجموع كتل المواد المُتسببة في تفاعل  
ما يساوي مجموع كتل المواد المُتفاعلة.

## المعادلات

يمكن توصيف التفاعل بطرق مختلفة منها كتابة معادلة له كلامياً أو  
بالصيغ الكيميائية. وإذا استُخدمت الصيغ برُموزها الكيميائية،  
فيجب أن تكون المعادلة متوازنة، أي أن يكون عدد الذرات  
المعادلة متساوياً في كل طرف. فبالمعادلة المتوازنة وحدها يمكن  
بيان نسب الكيمائيات المتفاعلة بعضها إلى بعض.

## التكافؤ

تكافؤ العنصر هو عدد الروابط  
الكيميائية التي يمكن للذرة تكوينها.  
وهو عدد الإلكترونات الذي نكبه  
الذرة أو تقبضه أو تساهم به عندما  
تشكل رابطاً كيميائياً. فلتكوين مركب  
ما، يجب أن يكون مجموع  
التكافؤات لكل عنصر فيه عدداً مُعاثلاً.

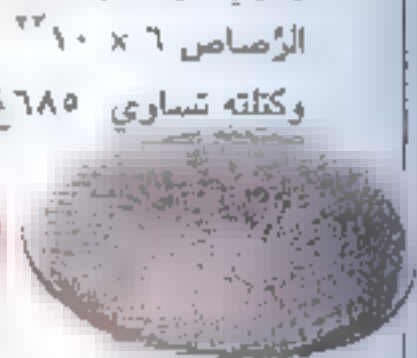


لتكوين مركب أكسيد الألومنيوم (الم. أ.)  
تتحد ذرتان من الألومنيوم مع ٣ ذرات من  
الأكسجين.

## المول

يحصى الكيميائيون الذرات والجزيئات المتناهية الصغر  
بالكتلة؛ والمول هو الوحدة المعتمدة لذلك. يحوي  
المول من أي مادة  $6.02 \times 10^{23}$  جسيم، لكن كتل  
المواد (أي كتلها الذرية أو كتلها الجزيئية) تختلف.  
واستخدام المول في عدد الجسيمات أشبه باستخدام  
الضئير في الوزن لمعرفة عدد قطع الدراهم المعدنية بدل  
أن يعدّها.

يحوي المول الواحد من رابع أكسيد  
الرصاص  $6.02 \times 10^{23}$  جزيء.  
وكتلته تساوي ٦٨٥ غ.



يحوي المول الواحد من  
الألومنيوم  $6.02 \times 10^{23}$  ذرة. وكتلته تساوي ٢٧ غ. وقد  
سُمي العدد  $6.02 \times 10^{23}$  ثابت أو عدد أفوجادرو.

## لمزيد من المعلومات انظر

- الترابط الكيميائي ص ٢٨
- الجدول الدوري للعناصر ص ٣٢
- التفاعلات الكيميائية ص ٥٢
- المركبات والمزيجات ص ٥٨
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٤



# التفاعلات العكوسة



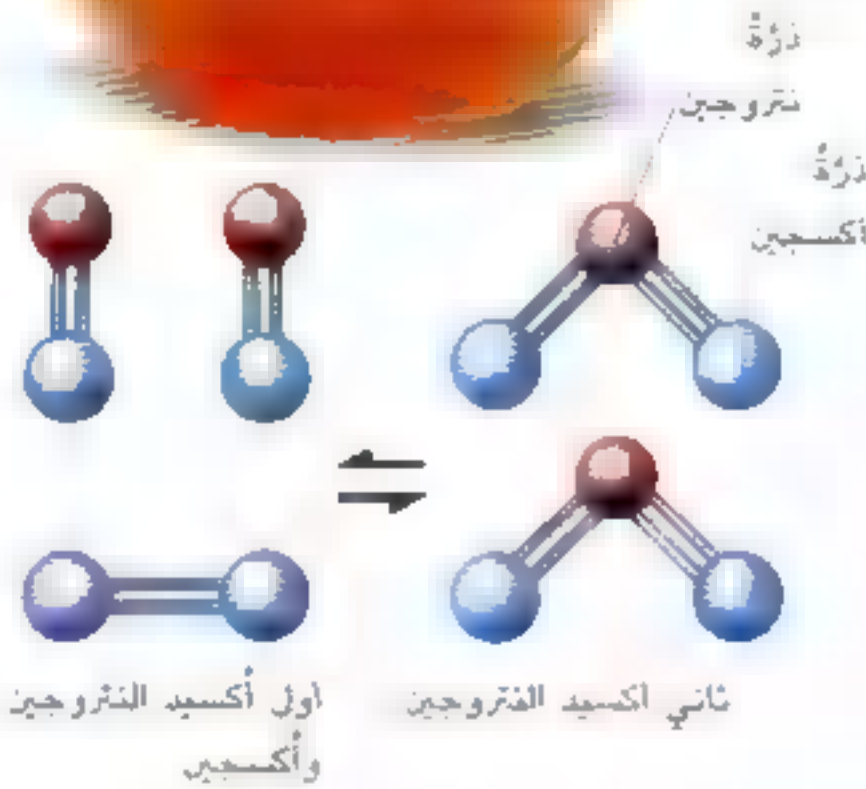
من العبت طبقاً تصنيع كتلة خشبية من الدخان والرماد اللذين نتجا عن احتراقها! فمعظم التفاعلات الكيماوية، كالاحتراق، تجري في اتجاه واحد فقط؛ وهي تفاعلات لا عكوسة - إذا ما حصلت فلا يمكن إعادة منتجاتها إلى ما كانت عليه. لكن هذا لا ينطبق على كل التفاعلات الكيماوية، إذ يمكن أحياناً عكس التغير الحاصل. فمثلاً، عندما تُضاف مادة قلوية، كصودا الغسيل، إلى عصير الملفوف الأحمر يتحول لونه إلى خضرة مُزرقة. وإذا أُضيف حامض، كالخل، إلى العصير المُخضّر، يعود العصير إلى لونه الأحمر ثانية. إن تفاعلات كهذه هي تفاعلات عكوسة ذات اتجاهين - قدماً (كتحول العصير الأحمر إلى الخضرة) وعوداً (كتحول العصير الأخضر إلى الحمرة)؛ وكلاهما في الواقع يحصلان معاً في الوقت نفسه، غير أن ظروف التفاعل قد تجعل أحدهما أسرع من الآخر.

## حالة التوازن

التفاعل العكوس يبدو بعد فترة كانه متوقف؛ والحقيقة أن التفاعل، قدماً وعوداً، مستمران - لكن بالسرعة نفسها، أي أنهما في حال توازن كيماوي. وهذا يشبه واقع المِرْكُضَة (مكنة الركض) حيث تبقى في مكانك إذا ركضت بسرعة تعادل سرعة المكنة؛ وإذا نباطات تجذب نفسك في تراجع، وعليك أن تزيد من سرعتك لإعادة التوازن ثانية.



**ثاني أكسيد النيتروجين**  
إذا سخن غاز ثاني أكسيد النيتروجين البني اللون، يتهلّل لونه تدريجياً حتى يصبح عديم اللون على درجة حرارة ٦٦٠°س. وذلك لأنه يتفكك إلى غازي أول أكسيد النيتروجين وأكسجين؛ وكلاهما عديم اللون. وعند التبريد يتعكس هذا التغير.



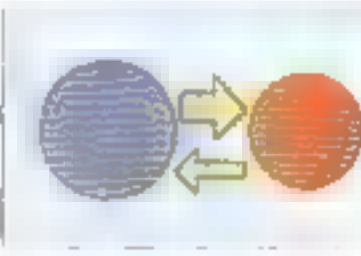
## هنري لوشاتيليه

لوشاتيليه (١٨٥٠-١٩٣٦) عالم باريسي المولد، عمل بضع سنوات كمهندس مناجم قبل انتقاله إلى التعليم في جامعة باريس. وترتبط شهرته العلمية بالمبدأ المعروف الذي يحمل اسمه.

تفاعل في حالة التوازن. إن سرعة التفاعل قدماً تساوي سرعة التفاعل عوداً.



إذا أُضيف مزيد من المُنتجات، فستزيد سرعة التفاعل الراجع لاستنفاد المواد المُضافة.



إذا أُضيف مزيد من المُتفاعلات، فستزيد سرعة التفاعل قدماً لاستنفاد المُتفاعلات المُضافة.



## مبدأ لوشاتيليه

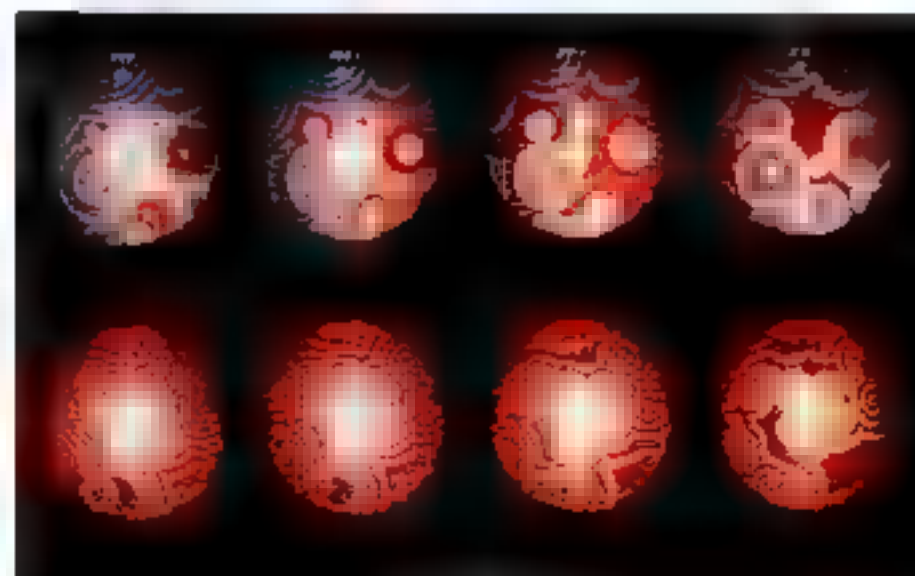
إن أي تغير في درجة الحرارة أو الضغط أو التركيز، خلال تفاعل عكوس، يُغير سرعة التفاعل قدماً أو عوداً. فمثلاً، مثلاً، تزداد سرعة التفاعل المقادير للحرارة، لإبطال أثر التبريد. وقد تُخصّص هذه الظواهر في مبدأ لوشاتيليه - الذي ينص على أن «التغير الواقع على تفاعل في حال التوازن يؤدي إلى اتجاه التفاعل في المنحى الذي يُبطل تأثيرات ذلك التغير».

## تغير لا عكوس

عندما يُحترق الورق ينتج ثاني أكسيد الكربون وماء وبنجاح. وهذه المُنتجات لا يمكن إعادتها إلى ورق ثانية، لأن الاحتراق تفاعل لا عكوس.

## الساعات الكيماوية

بعض التفاعلات العكوسة لا تستقر على توازن؛ فإذا ما ابتدأت تواصل تراجُعها إقبالاً وإدباراً. ويحدث هذا أحياناً تغيرات لونية مذهلة. ففي لحظة قد يكون المحلول أزرق، وفي اللحظة التالية يُصبح أحمر اللون. وكون ترجيح هذه التفاعلات يحدث في فترات زمنية مُنتظمة، فقد أطلق عليها اسم «الساعات الكيماوية».



## لزيد من المعلومات انظر

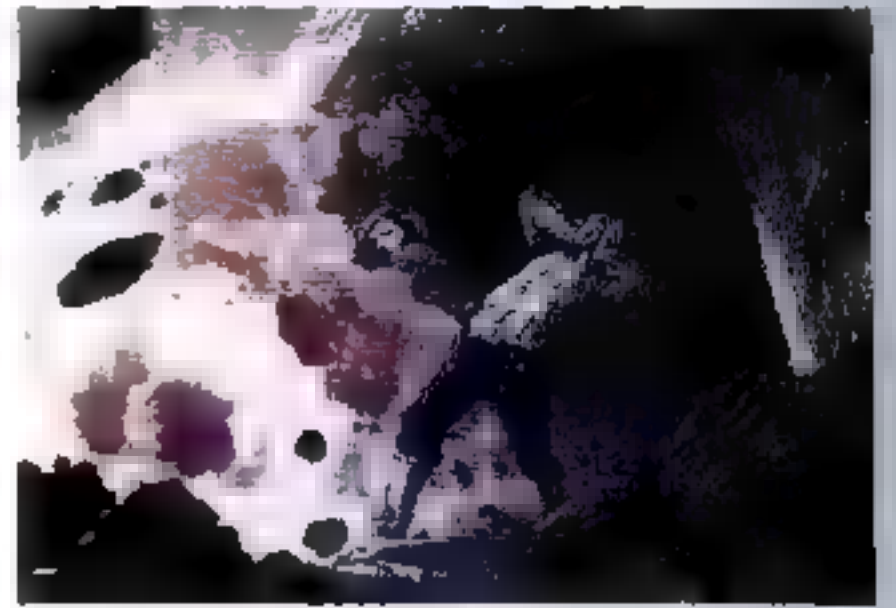
- تغيرات الحالة ص ٢٠
- النيتروجين ص ٤٢
- الأكسجين ص ٤٤
- التفاعلات الكيماوية ص ٥٢
- سرعة التفاعلات ص ٥٥
- قياس التحمضية ص ٧٢
- الأمونيا ص ٩٠

أُخذت هذه الصورة لاثنتين من تفاعلات الساعات الكيماوية، عل فترات بين الواحدة منها والأخرى دقيقة؛ وهي تُبيّن حركة التوقعات اللونية أثناء التفاعل.

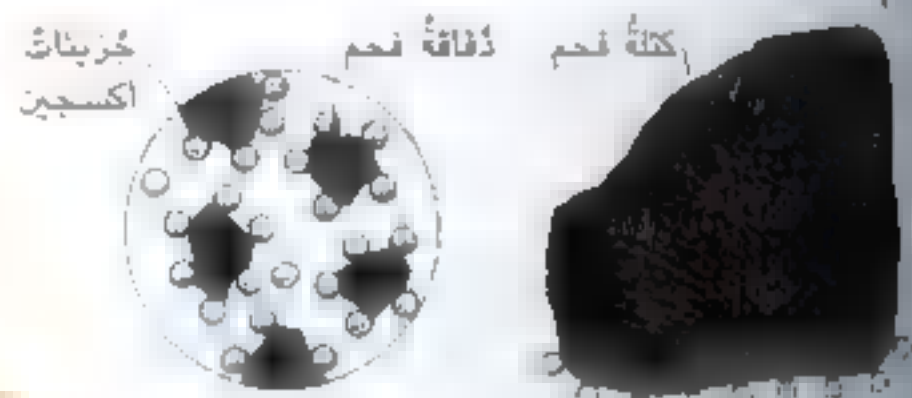


# سرعة التفاعلات

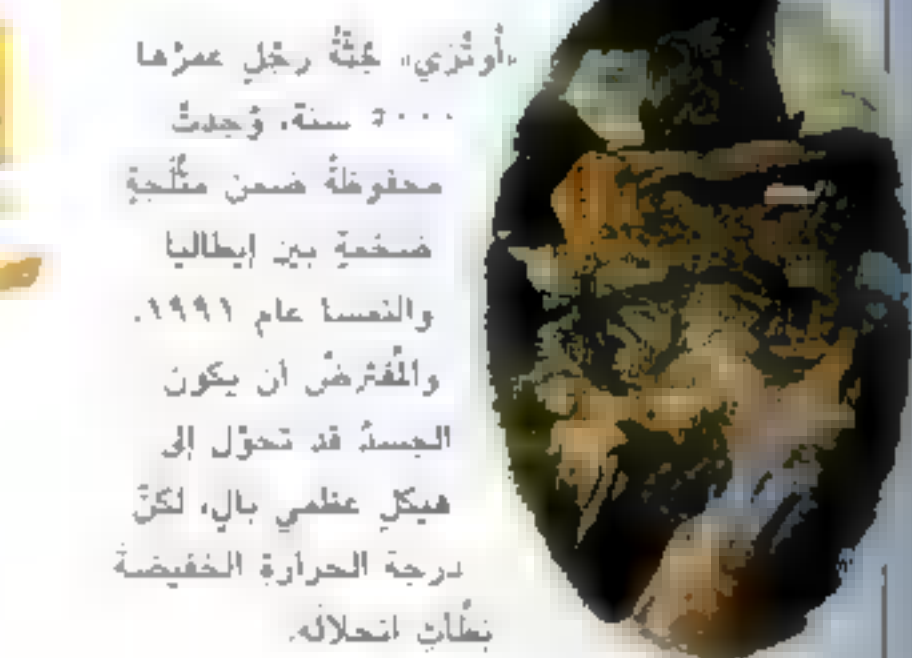
تَحْصِلُ الانفجارات بِسُرْعَةٍ فائقة، أما التفاعلات الأخرى فأبطأ كثيراً - فقد لا يظهر الصداً على دراجة جديدة قبل عدة سنوات. في حياتنا اليومية كثيراً ما نرغب في تغيير سرعة تفاعل ما؛ فنحن نَضَعُ اللبن في الثلاجة لكي نَبْطِئَ سرعةَ اخمضاضه. كذلك يرغب الكيميائيون أيضاً في التحكم بِسرعة التفاعلات - فالصناعيون منهم يودون تسريع التفاعلات لتخفيض التكاليف، أما العلماء البيثيون فيريدون تبطئة التفاعلات المُضِرَّة بالأرض. والعوامل التي



**تفجير الفحم**  
نفخة الفحم الكبيرة لا تتفاعل مع الهواء إلا بعد إشعالها، لكن مزيجاً من دُفاق الفحم والهواء يتفاعل بِسرعة مُفجِرة، كما في انفجارات المناجم. وذلك لأن المساحة الفادرة على التفاعل في دُفاق الفحم كبيرة جداً.



نظام خزانات الأكسجين  
جسيمات الفحم السطحية فقط.



**تأثير درجة الحرارة**  
تُسْرِعُ معظم التفاعلات بارتفاع درجة الحرارة. وذلك لأن طاقة الجسيمات المتفاعلة تزداد بارتفاع درجة الحرارة وتزداد سرعتها كذلك. وهكذا تزداد احتمالية ارتطام بعضها ببعض بمقدار من الطاقة كافٍ لإحداث تفاعل. أما بانخفاض درجة الحرارة، نَبْطِئُ جميع التفاعلات الكيميائية؛ وهذا هو سبب استخدام الثلاجات لحفظ الطعام.



**تأثير الضوء**  
اللدائن المحلولة حيويًا تتحلل في ضوء الشمس الساطع بِسرعة أكبر من انحلالها في غوان المطايخ. ذلك لأن بعض التفاعلات تُسْرِعُ بالضوء - إذ يبدُ انضواء الجزيئات المتفاعلة بطاقة تزيد من تحركها.

بالممكن أن تؤثر في سرعة التفاعل كثيرة، أهمها درجة الحرارة والضغط وتركيز المتفاعلات والضوء ومساحة السطح.

**تأثير مساحة السطح**  
مساحة السطح لجسم جامد هي مجمل مساحة سطوحه الخارجية، وهذه تؤثر في سرعة التفاعل.

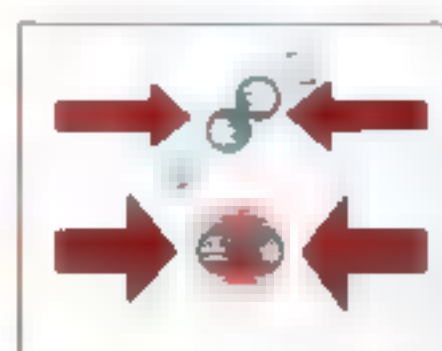


فشرائح البطاطا مثلاً، أسرع نُضْجاً عند تقلي من القطع الكبيرة، لأن سطوح الجسيمات المعرضة فيها للتفاعل مع الزيت الحار أكثر مساحةً بكثير.

تُنضِج البطاطا عادةً مغمورة في زيت القلا. والمعروف أن قطع البطاطا الكبيرة يلزمها وقت أكثر بكثير من الشرائح. فهذه تنضج في ثوانٍ لأن مساحة السطح إلى الحجم فيها أكبر بكثير.

## نظرية التصادم

يَحْصُلُ التفاعل الكيميائي حينما تصادم الجسيمات المتفاعلة فيما بينها بِقُوَّةٍ (أو بطاقة) كافية (هي طاقة التنشيط) لتفكيك الروابط فيما بينها. وحسب نظرية التصادم هذه، فإن الجسيمات المتصادمة ستترد بعضها عن بعض إذا لم تتوافر لها الطاقة الكافية. وهذا مثل لما يحدث في سباق السيارات القديمة؛ فالسيارتان المتباريتان لن تُحدثا القطب المتوقع ما لم ترتطما بقوة كبيرة جداً.

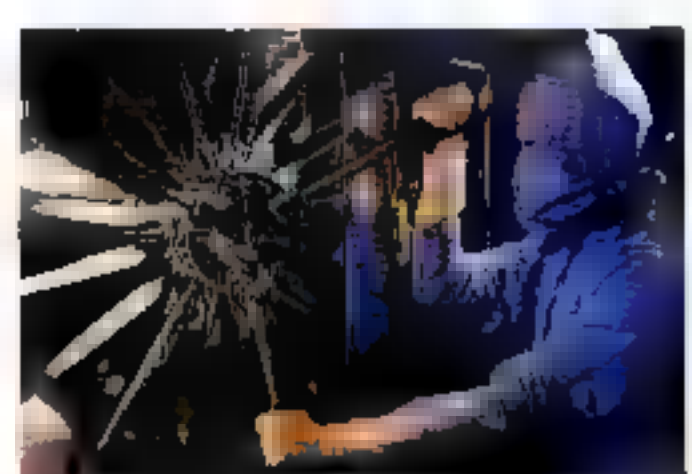


إذا تجابه جسييمان، فقد يرتدآن بدون تفاعل، إلا إذا كان التصادم بقوة كافية لإحداث تفاعل كيميائي.



## تأثير التركيز

إذا أردت صبغ مادة ما بِسرعة، فعليك استخدام محلول صباغ شديد التركيز. ففي المحلول المركز، كثير جداً من جسيمات الصباغ المُدَايَة لتصادم مع المادة وتُسَبِّبُ التفاعل. أما في المحلول المُخَفَّفِ الحادي قلة من جسيمات الصباغ، فسرعة التفاعل، بالتالي، بطيئة. والسبب فيه، فإن عملية الاحتراق في هواء عالي المحتوى الأكسجيني سريعة جداً.



## تأثير الضغط

جسيمات الغاز مُتجاذبة كثيراً، لكنها بِزيادة الضغط تتقارب، وتزداد احتمالية تصادمها لإحداث تفاعل فيما بينها. وفي الأوتوكلاف (الموضدة) يُستخدم الضغط العالي لتعقيم الأشياء بالبخار بِسرعة كبيرة.

لمزيد من المعلومات انظر
النظرية الحركية ص ٥٠
التفاعلات الكيميائية ص ٥٢
الحفازات ص ٥٦
المحاليل ص ٦٠
صناعة الكيماويات ص ٨٢



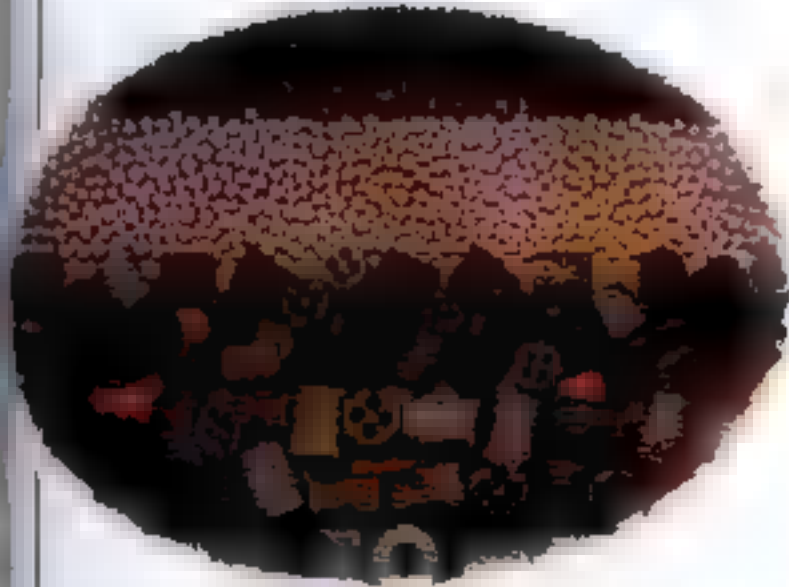
# الحفازات

تُخفّض الحفازات طاقة التنشيط اللازمة للتفاعل.



## مسار التفاعل

تُسرع الحفازات التفاعل بتوفيرها مسارًا أسهل لمتابعتها. تخيل سباقًا للدراجات حيث يكافئ أحد الفريقين لتجاوز قمة ربوة صعبة، بينما يتدحرج الفريق الآخر نزولًا في المنحدر دون غناء. فالمسلك الزئبوي الأكمي يمثل طريق التفاعل الطبيعي، بينما يمثل المنحدر المسار الذي يوفره الحفاز.



في الصورة أعلاه مجموعة من الحفازات المختلفة، المتباينة الشكل والحجم، لكنها جميعها كبيرة المساحة السطحية دائمًا.

## الميثانول

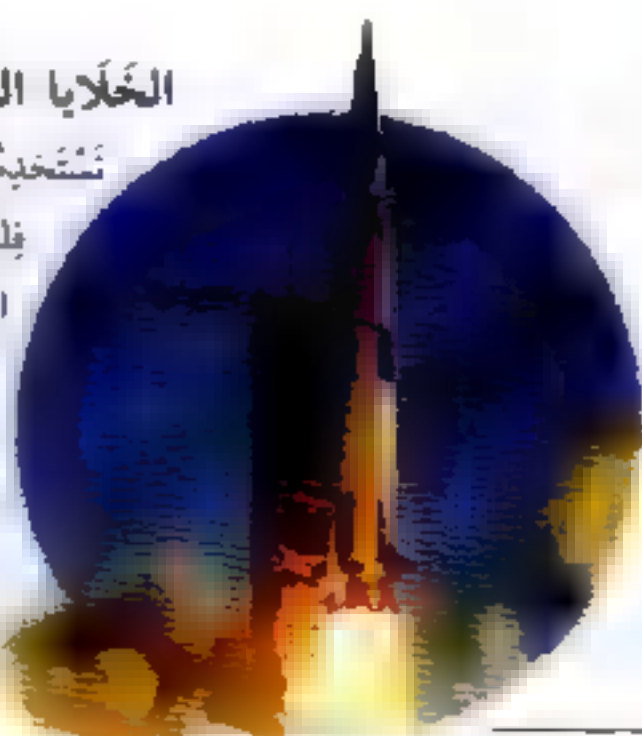
الميثانول، أو الكحول الميثيلي، سائل صافٍ يمكن تخزينه في قوارير مئة عام بدون أن يتغير. لكنه إذا أُمِرَ فوق حافز من الزيوليت المُنخني، يتحول فورًا، بتفاعل كيميائي لافيت، إلى بترين. ويُستخدم هذا التفاعل المهم اقتصاديًا في نيوزيلندا كجزء من عملية تحويل الغاز الطبيعي إلى بترين.



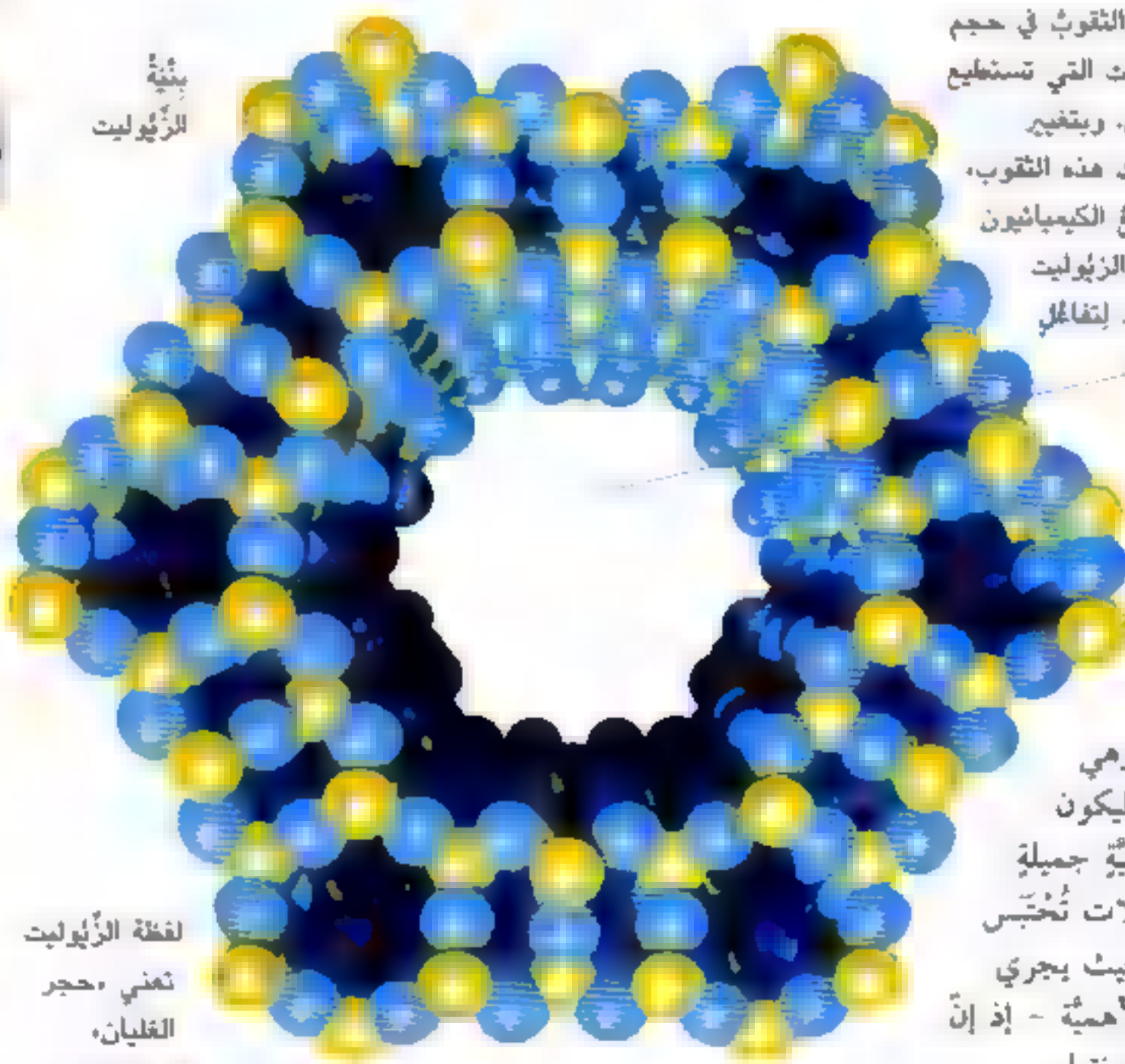
## ميثانول

## الخلايا الوقودية

تُستخدم الخلايا الوقودية في العربات الفضائية حتمًا فلزًا، هو البلاتين غالبًا، لتحويل مخزونها من الهيدروجين والأكسجين إلى ماء. وهذا التفاعل يُولّد طاقة كهربائية تُبَدّل أجهزة العربات بالقدرة، وفي الوقت نفسه يُنتج ماءً يفي بحاجة الطاقم للشرب والغسيل وإعادة إمداد الطعام. وهكذا نرى أنه حتى رواد الفضاء يعتمدون على الحفازات.

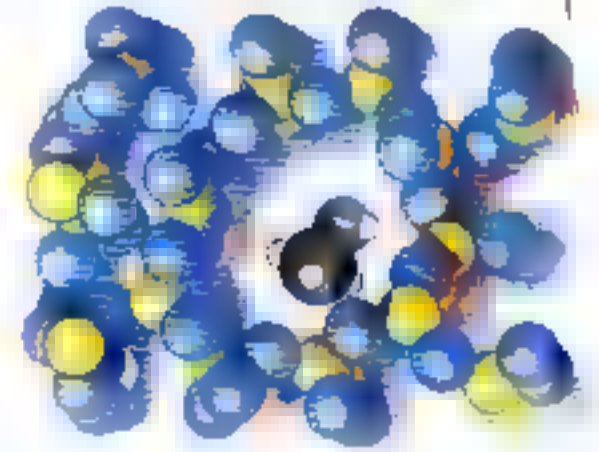


لفظة الزيوليت تعني «حجر القليان» باليونانية لأنه عند إحمائه يُطلق الماء من ملايين الألفية الدقيقة بداخله (ويصبح حفازًا شديد الفعالية).



تتحكم الثقوب في حجم الجزيئات التي تستطيع الدخول. ويتغير مقاسات هذه الثقوب، يستطيع الكيميائيون تطبيق الزيوليت المناسب لتفاعل معين.

جزيء متفاعل مُختبَر في ثقب الزيوليت



## الزيوليتات

الزيوليتات طائفة مذهشة من الحفازات توجد طبيعيًا في الصخور البركانية؛ كما يمكن تصنيعها أيضًا. وهي تتألف عادةً من ذرات الألومنيوم والسليكون والأكسجين مترابطة معًا في بنية تُخربو جمليلة تحوي ملايين الثقوب. فخلال التفاعلات تُحبس الجزيئات المتفاعلة في هذه الثقوب حيث يجري تفاعلها. إن حجم الثقوب أمر بالغ الأهمية - إذ إن ذلك يسمح لجزيئات من أحجام مُعيّنة فقط بالدخول لإجراء التفاعل الكيميائي.

الثقوب في ملعقة كبيرة من الزيوليت توفر مساحة تفاعل تُعادل مساحة ملعبين لكرة القدم.



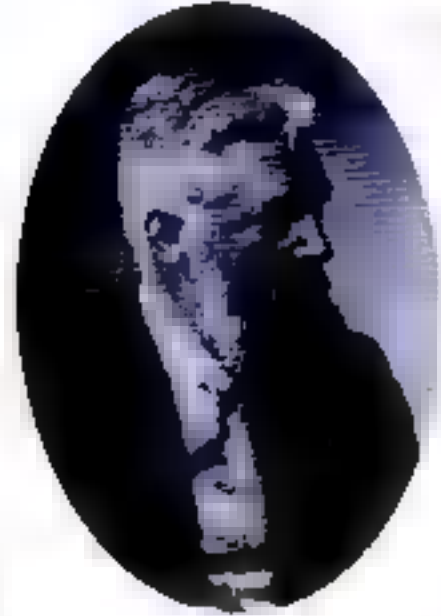
## مساحة السطح

تعمل معظم الحفازات بتغريب المتفاعلين واحدهما إلى الآخر عن طريق تشكيل روابط مؤقتة مع أحدهما أو كليهما. لذا فمن المهم جدًا أن يكون الحفاز ذا مساحة سطح كبيرة لأن هذا السطح هو المكان الذي تجري فيه التفاعلات. فمثلًا، مساحة الثقوب في ملعقة كبيرة من الزيوليت تعادل مساحة ملعبين مُجتَمعين لكرة القدم.



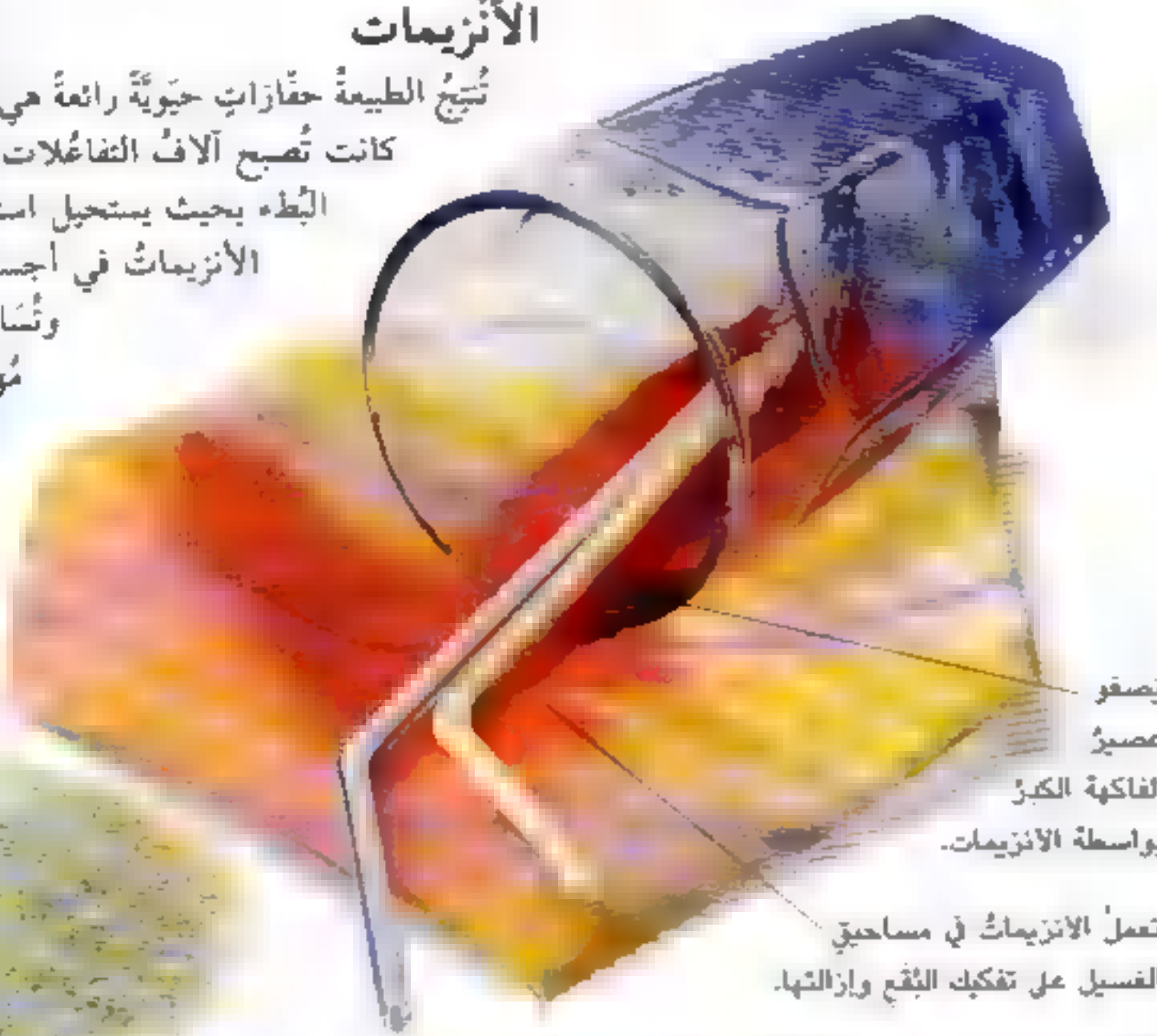
## فلهلم أوستوولد

فلهلم أوستوولد (١٨٥٣-١٩٣٢) كيميائي ألماني، أجرى أبحاثاً حول الحفازات في وقت كانت فيه فكرة إيجاد مادة كيميائية تُغيّر سرعة تفاعل ما مُثيرة للتحكم. غير أنه ثابر على عمله وبين للعالم الأهمية الفائقة للحفازات بتطويره طريقة لتحويل الأمونيا إلى حامض النتريك. وفي عام ١٩٠٩، مُنح جائزة نوبل للكيمياء.



## الأنزيمات

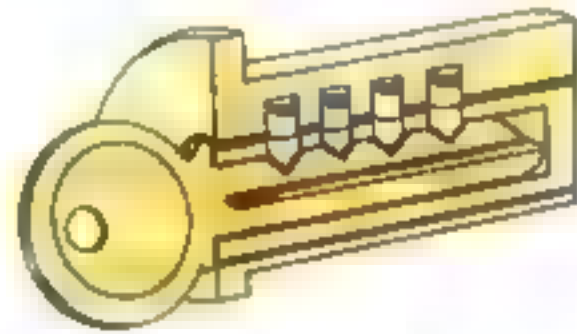
تُتيح الطبيعة حفازات حيوية رائعة هي الأنزيمات، التي بدونها كانت تُصبح آلاف التفاعلات في الجسم البشري من البطء بحيث يستحيل استمرار الحياة. تُحفّز الأنزيمات في أجسامنا انحلال الطعام وتُساعد في تخليق كيماويات مهمة كالبروتينات. كما تُستخدم الأنزيمات اليوم أيضاً لتصنيع الأدوية ومساحيق الغسيل وعصير الفاكهة.



ينصفو  
عصير  
الفاكهة الكبر  
بواسطة الأنزيمات.

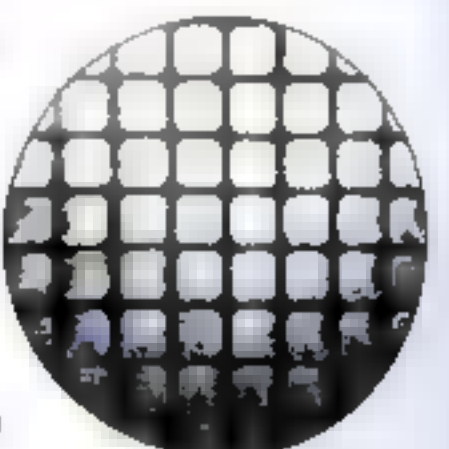
تعمل الأنزيمات في مساحيق الغسيل على تفكيك البقع وإزالتها.

الأنزيم، بخلاف غيره من الحفازات، يتغير نوعاً معيناً من التفاعلات. فكما المفتاح الصحيح فقط يلائم قفلاً معيناً، كذلك يجب أن تتلاءم الجزيئات المتفاعلة بدقة مع جزيء الأنزيم.



**مساحيق الغسيل الأنزيمية**  
تحتوي مساحيق الغسيل البيولوجية حفازات أنزيمية تُساعد في تفكيك البقع وإزالتها. وهذه المساحيق غير فعالة في الماء العار لأن درجات الحرارة العالية تقتل الأنزيمات.

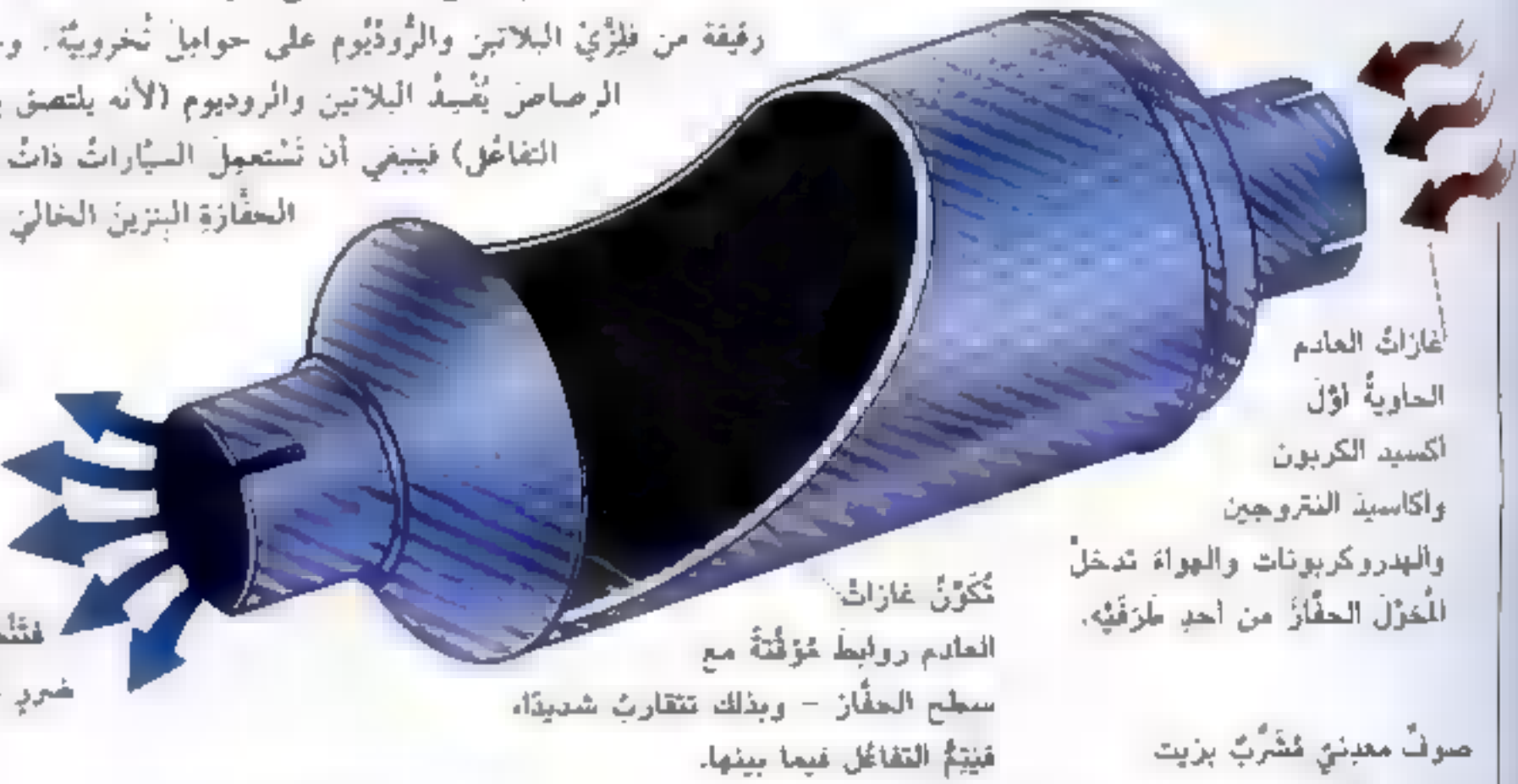
توجد داخل المخول بنى تُخزنية مبطنة بطبقة رقيقة من فلزي البلاتين والروثيوم - وهما عنصران الحفّز في المخول.



## المخول الحفّاز

تحتوي بعض السيارات مخولاً حفّازاً. هذا المخول يُحول غازات العادم السامة الملوثة للهواء إلى غازات أقل ضرراً. ويتألف المخول من طبقات رقيقة من فلزي البلاتين والروثيوم على حوامل تُخزنية. وحيث إن الرصاص يُسبب البلاتين والروثيوم (لأنه يلتصق بهما ويمنع التفاعل) فينبغي أن تستعمل السيارات ذات المخولات الحفّازة البنزين الخالي من الرصاص.

يُحول المخول أول أكسيد الكربون والهيدروكربونات إلى ثاني أكسيد الكربون وماء؛ كما يُحول أكاسيد النتروجين إلى نتروجين - فتُطلق المنتجات إلى الهواء دون ضرر يُذكر.



غازات العادم الحاوية أول أكسيد الكربون وأكاسيد النتروجين والهيدروكربونات تدخل المخول الحفّاز من أحد طرفيه.

تُكوّن غازات العادم روابط مؤقتة مع سطح الحفّاز - وبذلك تتقارب شديداً فيتم التفاعل فيما بينها.

صوف معدني مُشرب بزيت الهرافين (الكروسين)

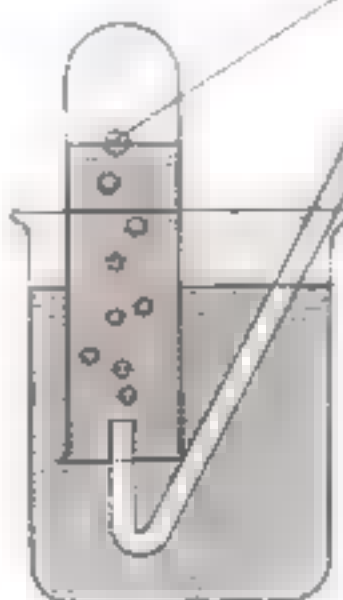
قطع خزف صيني

حرارة

## التكسير في المختبر

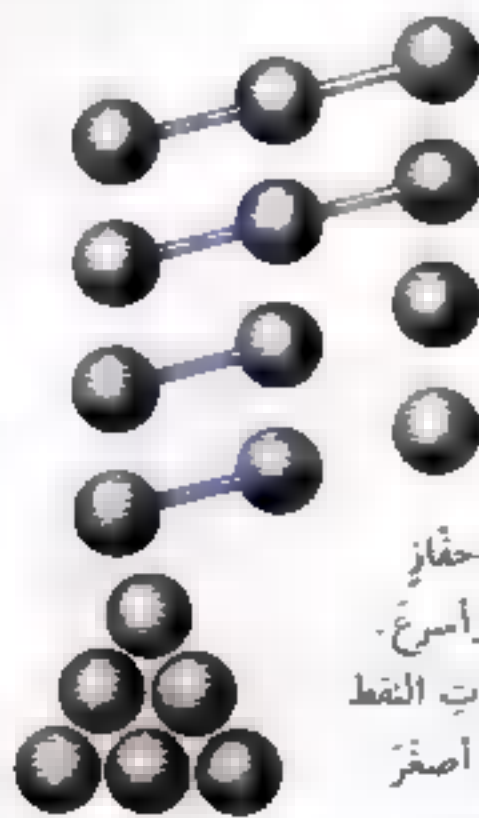
يمكن استخدام قطع الخزف الصيني كحفّاز لتفكيك زيت الهرافين؛ ويُعرف هذا التفاعل بالتكسير. فإذا أحمى الصوف المعدني المُشرب بزيت الهرافين في أنبوب اختبار بحيث يمر الزيت فوق الخزف الصيني، فإن روابط جزيئات الزيت الكبيرة تتفكك وتُكوّن جزيئات غازية أصغر وأخف يمكن تجميعها.

فقاعات الغاز هذه هي جزيئات بترولية أصغر من جزيئات الزيت الكبيرة.



## التكسير بالحفّاز

الجزيئات المولدة من سلاسل طويلة من ذرات الكربون تُصبح أكثر إفادة إذا ما أُخيمت وقُلّعت إلى قطع أصغر. إن عملية التكسير هذه تتطلب درجات عالية جداً من الحرارة؛ لكنها باستخدام حفّاز كالزئوليت، تصبح أسهل وأسرع. وهكذا يمكن تحويل جزيئات النفط الخام الكبيرة إلى جزيئات أصغر أكثر إفادة كجزيئات البنزين.



## حفّاز انحلال الأوزون

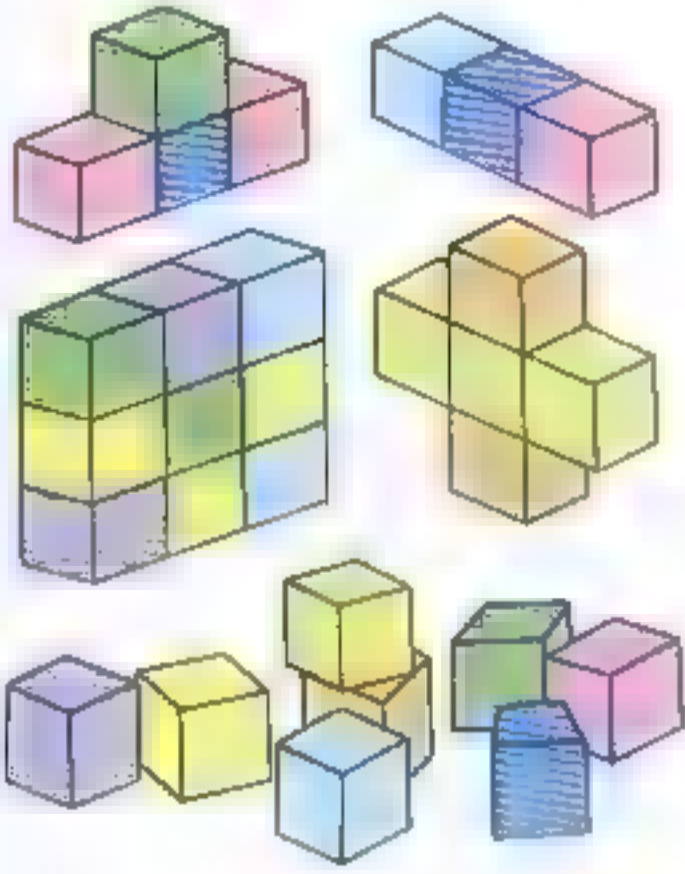
الكلور الناتج عن تفكك الغازات الكربونية، المهلجنة بالكلور والفلور، هو الحفّاز الفعّال في إخاللة الأوزون إلى أكسجين في طبقات الجو العليا. وككُل الحفازات، يبقى الكلور على حاله في نهاية التفاعل، فيتابع تفكيك المزيد من الأوزون. وهذا هو سبب الثقب الخطير في طبقة الأوزون في أعالي الجو.

لمزيد من المعلومات انظر
التفاعلات الكيميائية ص ٥٢
سرعات التفاعل ص ٥٥
المركبات والمزيجات ص ٥٨
كيمياء الجسم البشري ص ٧٦
منتجات النفط ص ٩٨
الهضم ص ٣٤٥



# المركبات والمزيجات

قلما تتواجد العناصر حرة في الطبيعة؛ فمعظم المواد تتألف من عنصرين أو أكثر ترابطت ذراتها بطرق وتفاعلات كيميائية مختلفة لتكوّن المركبات. وهذه من العسير جدًا فصلها بعد ذلك إلى مقوماتها. جزيء الماء، مثلاً، يتألف من ذرتي هيدروجين متحدتين مع ذرة واحدة من الأكسجين. إن اتّحاد العناصر كيميائياً لتكوين المركبات يختلف اختلافاً جذرياً عن مجرد مزج المواد معاً للحصول على مزيج - حيث تختلط العناصر أو المركبات المختلفة دونما تفاعل كيميائي، كما هو الحال الذي هو مزيج من الماء وبعض المركبات كملح الطعام. تميز المواد لتكوين المزيج بأي نسبة وتحتفظ المقومات بخواصها، بخلاف مقومات المركب؛ لذا يمكن فصل المزيجات إلى مكوناتها المختلفة بطرق سهلة.

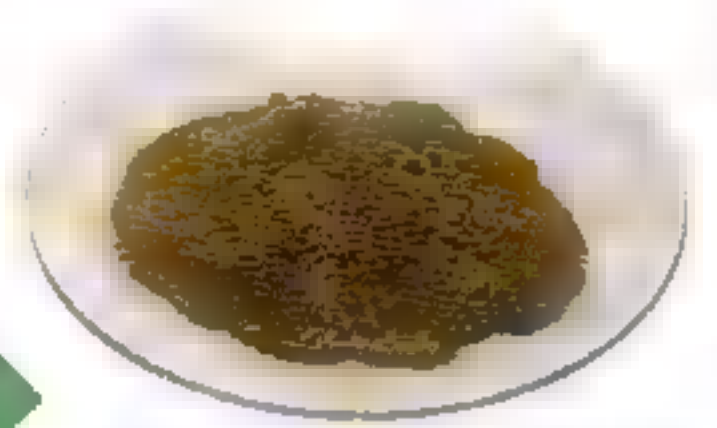


## كُتْلُ البناء

كما تُستخدم حروف الهجاء في بناء ملايين الكلمات، هكذا تُستخدم العناصر في تكوين ما لا يحصى من المركبات المختلفة. فالعناصر هي كُتْلُ البناء الطبيعية المستخدمة في تكوين الكثير الكثير من البنى الكيميائية المختلفة.

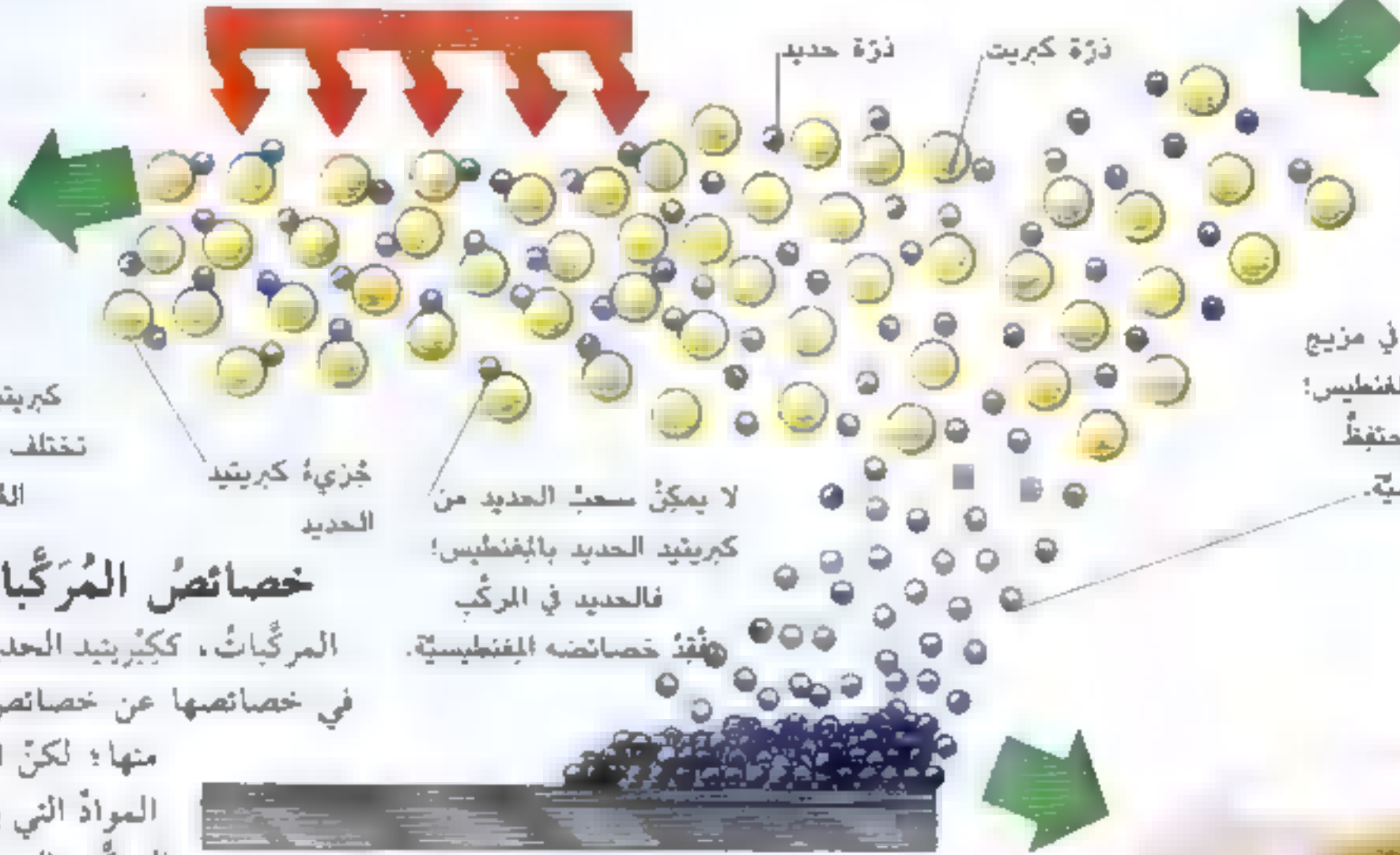
## الحديد والكبريت

في مزيج من برادة الحديد والكبريت نَقْلُ الذرات منفصلة، ويحفظ كلٌّ من الحديد والكبريت بخواصه المميزة. أما عند إحماء المزيج، فيحصل تفاعل كيميائي ينتج مركباً أسود هو كبريتيد الحديد. وهذا المركب يحوي ذرات الحديد مترابطة كيميائياً مع ذرات الكبريت؛ وهو ذو خصائص مختلفة تماماً عن خصائص المزيج أو مكوناته منفردة.



عندما تترج برادة الحديد مع الكبريت، يظّل بإمكانك مشاهدة دقائق الحديد السوداء في مسحوق الكبريت الأصفر.

مُضدٌّ حراري



يمكن فصل الحديد في مزيج الكبريت والحديد بالمغناطيس؛ فالحديد في المزيج يحتفظ بخصائصه المغناطيسية.

كبريتيد الحديد مركب أسود جزائي، تختلف خصائصه عن خصائص العنصرين اللذين تألف منهما.

جزيء كبريتيد الحديد

لا يمكن سحب الحديد من كبريتيد الحديد بالمغناطيس؛ فالحديد في المركب فقد خصائصه المغناطيسية.

## خصائص المركبات والمزيجات

المركبات، ككبريتيد الحديد، تختلف اختلافاً جذرياً في خصائصها عن خصائص العناصر التي تتألف منها؛ لكن المزيج يحتفظ بخصائص المواد التي يحتويها. وهكذا فإن فصل المركب إلى عناصره أمر صعب، إذا لم يكن مستحيلاً أحياناً؛ بينما يمكن فصل المزيج إلى مقوماته بسهولة تامة، كفصل برادة الحديد بالمغناطيس في مزيج الحديد والكبريت. كذلك فإن المركب يحوي دائماً نسبة ثابتة من العناصر التي تولّفه - فكبريتيد الحديد (ح كس) يحوي دائماً جزءاً واحداً من الحديد للجزء الواحد من الكبريت. أما في المزيج، فيمكن أن تتغير نسب المواد المختلفة التي يتألف منها.



مغناطيس

في المزيج، يمكن فصل برادة الحديد عن الكبريت باستخدام المغناطيس.

اللدائن مركبات معظم مقوماتها من الهيدروجين والكربون.

هناك مركبات ومزيجات عديدة في منظر المدينة الظاهرة في الصورة.

الرّجّاج مُركَّب من السليكون والأكسجين.

هياكل السيارات مصنوعة من مزيجات قلويّة تدعى سبائك.



## قانون النسب الثابتة

بلغ الطعام (كلوريد الصوديوم، ص كل) مركب يتواجد في ماء البحر ومناجم الملح، ويمكن تحضيره في المختبر. لكنه يبقى المِلْح ذاته المركب جزيئاً من ذرة واحدة من الصوديوم وذرة واحدة من الكلور. ويُصنّف قانون النسب الثابتة على أن "كل مركب نقي يحوي دائماً العناصر نفسها بنسب ثابتة بالوزن".

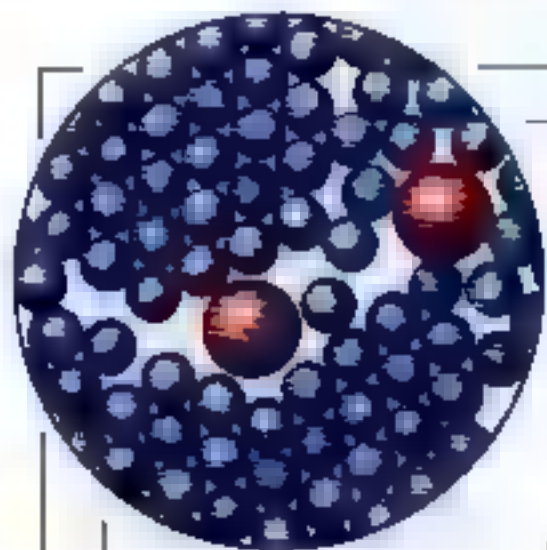


## جوزيف لوي بروس

كان الكيميائي الفرنسي، جوزيف - لوي بروس (1754-1826)، مؤلفاً بتحليل كل ما يقع في مُتناوله. فاكشف أن نسب العناصر في أي مركب هي دائماً ثابتة. ولم يرق ذلك لعلماء عصره، لِمُخالفتهم تفاهيمهم لكن بروس كان على حق - فقد اكتشف قانون النسب الثابتة.



## التفاعلات



### السبائك

بعض الأجسام،  
كالعربات الفضائية،  
تُصنع بالضرورة من  
مواد خفيفة ومتينة؛

والفلزات النقية لا تحقق  
هذه المواصفات. لذا  
تُستخدم مزيجات من  
الفلزات تُدعى السبائك -

وهي تُصنع بإضافة كمية قليلة من فلز نقي إلى فلز  
آخر. وحيث إن شكل  
الذرات في الفلز المضاف  
مختلف، فإنها تُغيّر بنية  
الفلز الأصلي وتجعله  
أمتن وأقوى على  
الشيء.

تكون الفضاء هذا مشغولاً  
من سبيكة تيتانيومية.

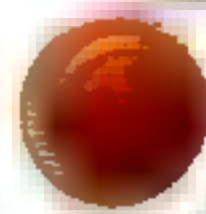


في تثبيت السلسلة،  
يطلق الزيت فوق  
للخل - كونهما  
سائلين لا يزوجين.

الجعة مزيج من  
سائلين مزوجين هما  
الكحول والماء - فلا  
يتفصلان إلى طبقتين.

الجل الشفري مزيج من جامد  
ودهن وماء. فالدهن يحتبس  
الماء ويعتقه من الحركة.

الطحين يشكل مشغولاً مع  
الماء عند مزجها معاً. في  
المواد الغروانية تكون  
الجسيمات المشغولة  
صغيرة جداً.



تُخاض البخور مزيج من  
دقائقه القياسية الجامدة مع  
الهواء.

الخبز مزيج  
من جامد وغاز.

زغوة  
الجلالة  
مزيج من  
سائل وغاز.

في  
المشروبات الأرزاء غاز، هو  
ثاني أكسيد الكربون،  
مذاب في السائل.

### التخليق والتفكيك

كثيراً ما يُركّب الكيميائيون جزيئات أكبر، وأكثر إفادة، من  
جزيئات صغيرة؛ ويُعرف هذا بالتخليق. لكنهم أحياناً  
يجدون ضرورة لفعل عكس ذلك - فيحللون جزيئات كبيرة  
إلى جزيئات صغيرة؛ ويُعرف هذا بالتفكيك.

الكحول غاز أخضر  
اللون سام.

يتحد الصوديوم مع  
الكحول فينتجان كلوريد  
الصوديوم، أي ملح  
الطعام.



الصوديوم فلز  
فضي زاهدي  
شديد التفاعلية.

تتخلّ ذرّة الصوديوم عن إلكترون  
واحد لذرة الكلور، فيصبح في الغلاف  
الخارجي لكل منهما ثمانية إلكترونات.



ذرّة  
صوديوم  
إلكترون  
ذرّة كلور

### مركبات مختلفة من العناصر نفسها

ينتج النحاس والأكسجين مركبتين مختلفتين:  
أكسيد النحاس (I)، وهو مسحوق أحمر يتّو  
يتألف بنسبة جزئين من النحاس إلى جزء واحد من  
الأكسجين، وأكسيد النحاس (II) الذي يتألف  
بنسبة جزء واحد من  
النحاس إلى جزء  
واحد من الأكسجين  
ولونه أسود زاهدي.

أكسيد النحاس (II)  
(نح، أ)



أكسيد النحاس (II) (نح، أ)

### إلكترونات الانتقال

تتألف الذرة من نواة يدور حولها عدد من الإلكترونات  
في مشويات أو غلافات متباينة؛ وتكون الذرة أكثر  
استقراراً إذا احتوت غلافها الخارجي ثمانية إلكترونات،  
وتكون متفاعلة وربما خطيرة بأقل من ذلك. ففي اتحاد  
الصوديوم والكلور تُغيّر إلكترونات الانتقال مواقعها  
ليصبح الغلاف الخارجي لكل ذرة من الصوديوم  
والكلور مستقرًا. والمركب الناتج عن هذا الاتحاد هو  
ملح الطعام المستقر واللامتفاعل.

فقط الذهب عيار ٢٤  
قريباً هو ذهب نقي.  
أما الأقل من ذلك،  
فمزيج من الذهب  
وفلزات أخرى زخينة.

الذهب عيار ٩ قراريط  
يحتوي ٢٧٪ ذهباً فقط.



رغم أن عصير البرتقال الطازج لا يحتوي أي  
إضافات، فالكيميائي لا يصفه بالنقاوة - لأنه  
يحتوي أكثر من  
نوع واحد من  
الجزيئات.



### تكوين المركب

تختلف المركبات

اختلافاً جذرياً عن العناصر  
التي تولّفها. فملح الطعام،  
المعروف بالخصائص، مركب

من الصوديوم والكلور - علماً أن الصوديوم فلز خطير التفاعلية مع الهواء  
والماء (لذا يُحفظ في الزيت)، والكلور غاز أخضر اللون شديد التفاعلية  
وسام إذا استنشق بكميات كبيرة. لكن عندما تتحد ذرات الصوديوم مع  
ذرات الكلور تفقد خصائصها الخطيرة والسامة - مكونة مركباً جديداً هو  
كلوريد الصوديوم أي ملح الطعام المألوف.

### النقاوة

المواد النقية كيميائياً تحوي نوعاً واحداً من  
الذرات أو الجزيئات فقط. فالذهب النقي  
يتألف من ذرات الذهب ولا شيء سواه. وتوصف  
بعض المشروبات أحياناً بأنها «عصير نقي» -  
بمعنى أنها لا تحوي أي مواد اصطناعية.  
لكن الكيميائي لا يعتبر العصير مادة نقيّة،  
بل خليط من مركبات متعددة كالماء  
والسكر. فالمزيجات على العموم  
ليست نقيّة، بخلاف المركبات التي  
تحتوي نوعاً واحداً من الجزيئات.

### لمزيد من المعلومات انظر

- البنية الذرية ص ٢٤
- الترباط الكيميائي ص ٢٨
- العناصر ص ٣١
- التفاعلات الكيميائية ص ٥٢
- المحاليل ص ٦٠
- فضل المزيجات ص ٦١
- التحليل الكيميائي ص ٦٢
- السبائك ص ٨٨
- مستحضرات التجميل ص ١٠٣



# المحاليل

يبدو ماء البحر صافياً، لكنّه يحوي الكثير من المواد كالأملح وغازات الهواء وسواها مُذابة فيه؛ فهو مثّل على المحاليل التي هي مزيجات من نوع خاصّ تمتزج فيه الجُزيئات المختلفة بالتساوي. وتُحضّر المحاليل عادةً بإذابة جامدٍ في سائل، كإذابة السُكّر في الشاي؛ فالسُكّر يُدعى المُذاب والشاي يُدعى المُذيب. وهناك أنواع أخرى من المحاليل تكون فيها الجوامد والسوائل والغازات مُذابات أو مُذيبات. المحاليل المُركّزة تحوي كمّيات كبيرة من المُذاب في مقدار مُعيّن من المُذيب. قُرْب البرتقال، مثلاً، هو محلول مُركّز نشربه مُحفّفاً بإضافة الماء.



شراب الفاكهة الأزّار هو محلول من عصير الفاكهة والسُكّر وثاني أكسيد الكربون.



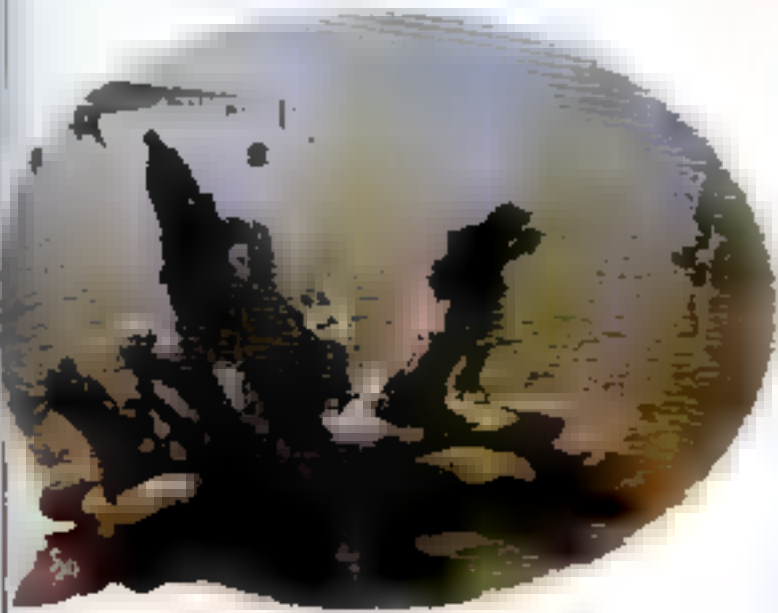
## محاليل لا سائلة

الهواء محلول غازي يحوي الأكسجين وغازات أخرى مُذابة في التروجين. ونُصنع السُفّن من سبائك هي محاليل جامدة من فلزّ مُذاب في فلزّ آخر.

## مُذيبات مُختلفة

بعض المواد لا تذوب في الماء. فبعض أنواع الفراء مثلاً، تستلزم مُذيبات خاصة (تُدعى مُذيبات عضوية) كالأسيتون، لإذابتها. فعندما يجفّ الفراء، يتحرّر المُذيب تاركاً وراءه جامداً لاصقاً يُلزق السطحين معاً.

يدوبّ الهواء الذي يشتملُ على الفطاسون في الدّم شكّوناً محلولاً. فإذا صعد الفطاس فجأةً إلى سطح الماء، ينطلق الهواء من المحلول شكّوناً ففافيغ هوائيّة في الدّم. وهذه حالة خطيرة تُعرف بالتخلّي.



## المحاليل المُشبعة

يحوي البحر الميت في فلسطين، كمّيات كبيرة من الملح. وكلما زاد التبخر ليشدّة الحرّ، تتناقص كمّية المياه فيما تبقى كمّيات الملح على جانباها، فترسّب بلورات جامدة لعدم وجود مُتسّع لكلّ الجليح المُذاب. عندما لا تعود المحاليل تُسبغ لمزيد من المُذاب تكون قد أصبحت مُشبعة.



يُجذب أيون موجب الشحنة إلى طرف جزيء الماء السالب.



جزيء الماء

نمتزج الجسيمات المُذابة مع جزيئات الماء.

## الجُزيئات المُتجاذبة

تعتمد ذوبية مادة ما على مدى التجاذب بين جُزيئات المُذاب وجُزيئات المُذيب. فالماء مُذيب جيّد لأنّ جُزيئه ذو شحنة كهربائية ضئيلة تُسكّنه من تكوين روابط ضعيفة مع جسيمات مشحونة أخرى. بعض المركّبات، كالأملاح، تذوب في الماء إلى نوعين من الجسيمات المشحونة، تُسمى أيونات. أحدهما موجب الشحنة والآخر سالب الشحنة. وهذه الأيونات يمكنها أن تشكّل روابط ضعيفة مع جُزيئات الماء.

نُستخدم الأسماك الكفّيات القليلة من الأكسجين المُذابة في الماء لتعيش. إنّ الغازات المُذابة في السوائل، على عكس الجوامد، تنطلق منها عند الإحماء؛ لذا لا تستطيع الأسماك العيش في المياه المُفرطة الدفء.



## المُذيب العام

اكتشف الكيميائيون، من خلال تجاربهم، طُرُقاً لتثقية الفلزّات بتذويبها في بعض المُذيبات. وهم جُهدوا، عبثاً، في البحث عن «مُذيب عام» يُذيب كلّ شيء. ولو نجحوا، تُرى أين كانوا سيضعونه؟

## جوامد غير ذوّية

المواد التي تذوب في الماء، كعصير الأملاح، تُدعى موادّ ذوّية أو ذوّابة فيه؛ بينما غير الذوّابة، كالزئبق والزيت، لا تذوب في الماء. وذلك لأنّ الماء لا يمكنه التخلّب على القوى التي تربط جُزيئات الزئبق أو الزيت بعضها ببعض. فهذه الجُزيئات تُؤيّر البقاء مُترابطة فيما بينها على الانفصال عن بعضها والامتزاج مع جُزيئات الماء.

## لمزيد من المعلومات انظر

- خصائص المادة ص ٢٢
- التراكيب الكيميائية ص ٢٨
- الكيمياء العضوية ص ٤١
- المركّبات والمزيجات ص ٥٨
- فضل المزيجات ص ٦١
- كيمياء الماء ص ٧٥
- المواد اللصوقة ص ١٠٦



# فصل المزيجات

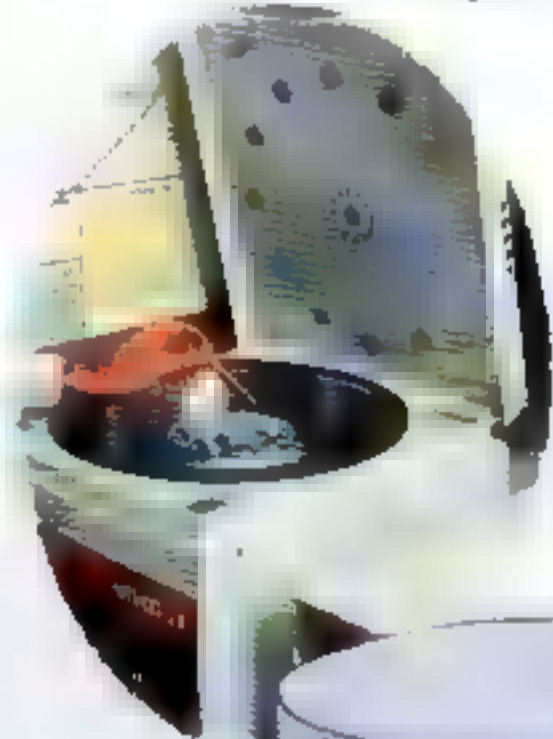
يستخدم الكيماويون أساليب تقنية مختلفة لفصل المزيجات، كالترشيح والتقطير والفرز بالطرد المركزي وغيرها. ويعتمد الأسلوب المستخدم على نوع المزيج وعلى خصائص المواد التي يتألف منها. وفي المنازل تستخدم مصفاة لترشيح أوراق الشاي؛ وإذا كانت أوراق الشاي من الحجم الكبير، فيمكن تركها لتستقر في قاع الكوب قبل أن يشرب الشاي. ويعرف هذا النوع من فصل المزيجات بالترويق والتصفيق.



المادة المراد بقاؤها جافة  
السليكا

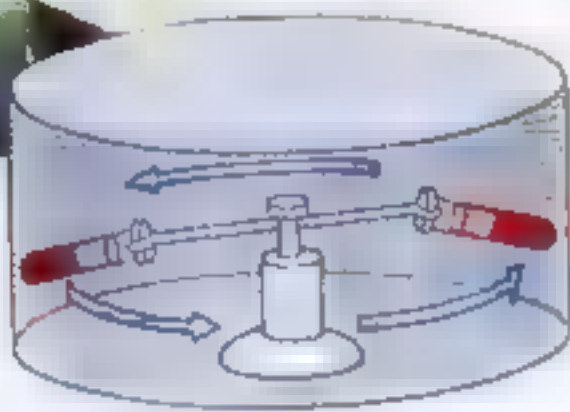
## التجفيف

للمحافظة على جفاف المواد في مخبره، يحفظها الكيميائي في مجفاف (وعاء تجفيف) والجفاف المحكم الشد يحوي مادة ماصة للرطوبة، كجمل السليكا، تمتص الرطوبة من الهواء. وكثيراً ما توضع رزم صغيرة من جمل السليكا في محافظ الكاميرات لحماية عدسة الكاميرا من الرطوبة. إن عملية التجفيف هذه هي، بمختلف أشكالها، وسيلة بسيطة لإزالة الماء من المواد.



نايذة (فرازة)  
طاردة

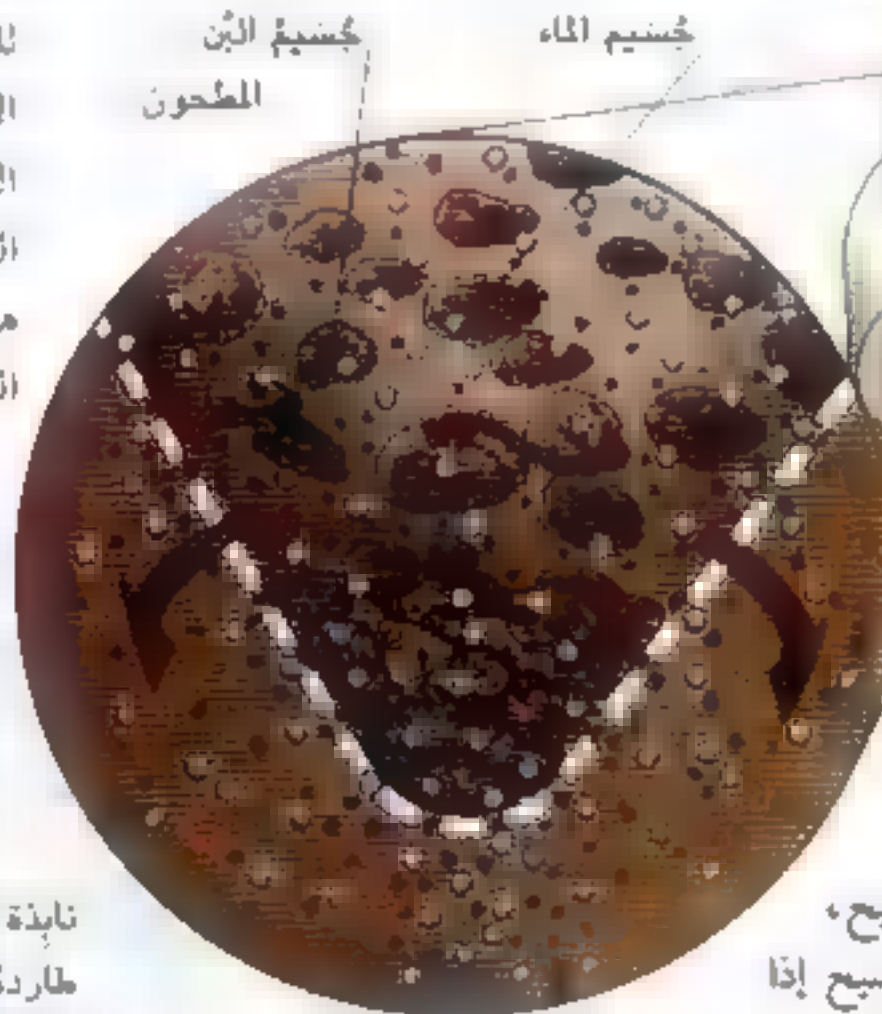
بالدويم السريع  
تهبط الجسيمات  
الثقيلة إلى قعر  
الانبوب.



## الطرد المركزي

تفرز النايذة، كما المصفاة التدويمية، مزيجات السوائل والمواد بتدويمها بسرعة عالية. تنهبط المواد الثقيلة متحدة إلى القعر، وتعلوها المواد الأقل كثافة. ويتم فرز الدم في أنابيب الاختيار بهذه الطريقة لفصل خلايا الدم الثقيلة عن سائل البلازما الأخف.

الماء وغذائاته فقط تتركز غير مسام ورقة الترشيح - بينما تحتجز جسيمات البز الكبيرة.



جسيم الماء  
جسيم البز  
المطحون



## التصفيق

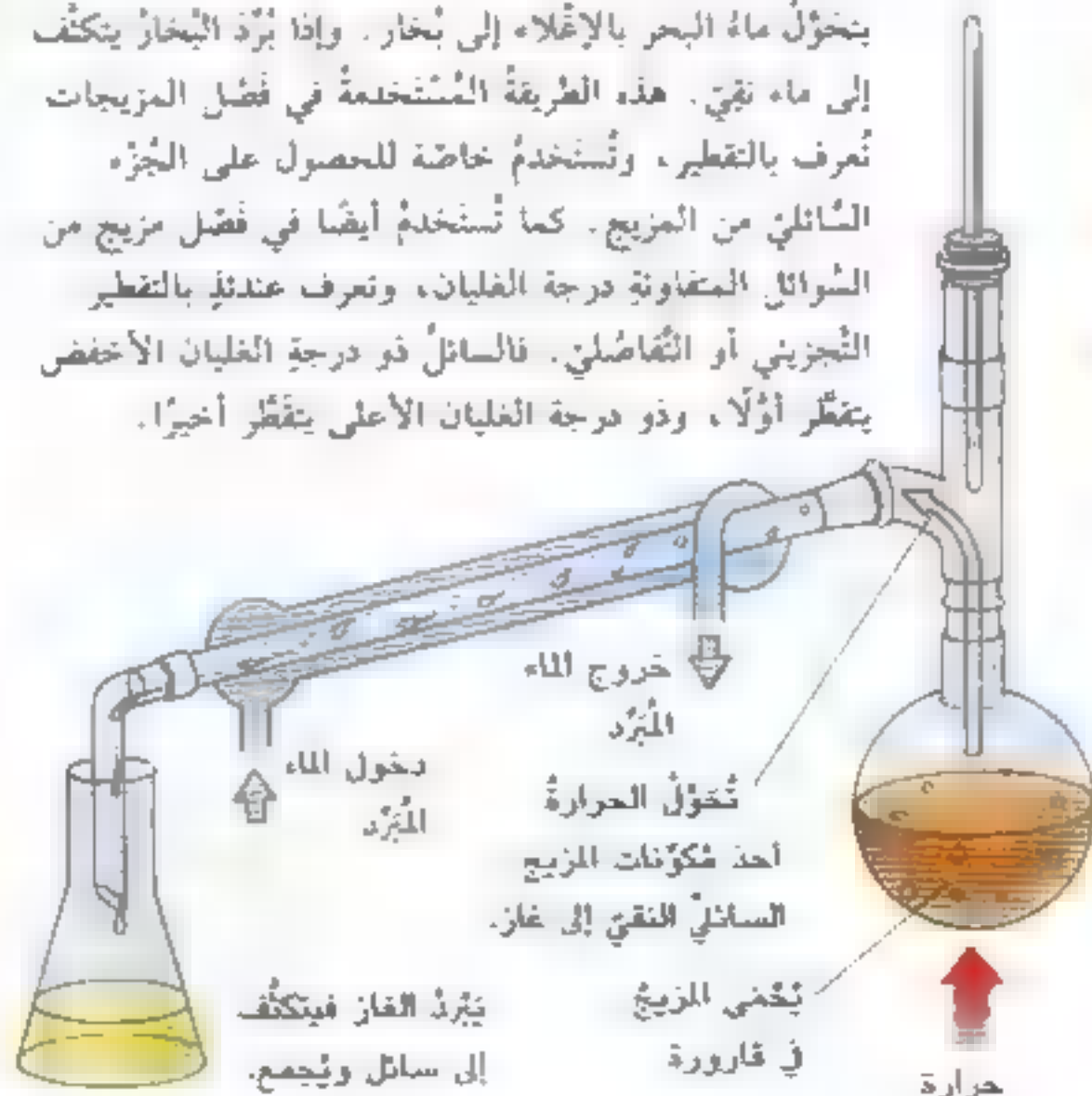
الباحثون عن الذهب في مجاري الأنهار الضحلة، يستخدمون أوعية مسطحة واسعة يعرف خليط من الرمل والحصى وماء النهر. ثم يدورون الخليط في الوعاء، فتستقر في قعره جسيمات الذهب الثقيلة - إن وجدت، ويصفى السائل الموحل غير المرغوب فيه بإزالة الوعاء بعناية. ففي طريقة التصفيق هذه تفصل المواد المختلفة الكثافة كما تصفى القشدة الطافية (الأقل كثافة) من الحليب.

## الترشيح

يستخدم ورق الترشيح في غلاية القهوة لفضل مسحوق البز المحمص عن سائل القهوة. فعندما يمر بخار الماء فوق مسحوق البز، تذوب خلاصة القهوة في الماء المتكاثف وتعبّر مسام ورقة الترشيح. أما دقائق البز الغليظة فتظل مكانها فوق ورقة الترشيح، لأنها أكبر من أن تعبّر المسام المرشحة. تفصل مقومات المزيج بطريقة الترشيح إذا كانت حجوم جسيماتها متباينة الفدّ جداً - الدقيقة منها ترشح، والكبيرة تحتجز.

## التقطير

يتحول ماء البحر بالإغلاء إلى بخار. وإذا برّد البخار يتكثف إلى ماء نقي. هذه الطريقة المستخدمة في فصل المزيجات تعرف بالتقطير، وتستخدم خاصة للحصول على الجزء السائل من المزيج. كما تستخدم أيضاً في فصل مزيج من السوائل المتفاوتة درجة الغليان، وتعرف عندئذ بالتقطير التجزيئي أو الثفاصلي. فالسائل ذو درجة الغليان الأخفض يتبخر أولاً، وذو درجة الغليان الأعلى يتبخر أخيراً.



خروج الماء  
المبرد  
تحويل الحرارة  
أخذ شقوقات المزيج  
السائل النقي إلى غاز  
يتبخر المزيج  
في قارورة  
حرارة

## تجفيف المحاصيل بالتشعير



## التبخير والتشعير

يمكن تجفيف العنب بالشمس؛ فتتحول حرارة الشمس الماء في العنب، مثلاً، إلى بخار يتشرب إلى الهواء - تاركاً وراءه الرزيب الممتص. التبخير (أو التبخّر) وسيلة لإزالة السوائل بالحرارة. إن تجفيف الشعر هو مثل آخر على هذه الوسيلة.

## لمزيد من المعلومات انظر

- تغيرات الحالة ص ٢٠
- خصائص المادة ص ٢٢
- المركبات والمزيجات ص ٥٨
- المحاليل ص ٦٠
- التحليل الكيماوي ص ٦٢
- منتجات النفط ص ٩٨
- الحركة الدائرية ص ١٢٥



# التَّحْلِيلُ الكِيمَاوِيّ

يَعْمَلُ الكِيمَاوِيُّونَ أحيانًا كَشُرْطَةِ التَّحْرِي فِي بَحْثِهِمْ عَنْ دَلَالَاتٍ تَنبُئُ عَنْ ماهِيَّةِ المادَّةِ الحَقِيقِيَّةِ. فكيمياءِي التَّغْذِيَّةِ، مَثَلًا، يُجْرِي اخْتِبَارَاتِهِ لِلتَّحَقُّقِ مِنْ سَلَامَةِ الأَغْذِيَّةِ وَخُلُوقِهَا مِنَ السُّمُومِ أَوِ البَكْتَرِيَا. وَيَفْحَصُ كِيمَاوِيّ التَّحَالِيلِ الطَّبِيبَةِ سَوَائِلَ الجِسْمِ كَالدَّمِ وَالبَوْلِ لَاحْتِشَافِ طَبِيعَةِ المَرَضِ أَوْ مُسَبِّبَاتِهِ. وَكيمياءِي البيئَةِ يُحَدِّدُ سَلَامَةَ البيئَةِ بِفَحْصِ عَيِّنَاتٍ مِنَ الهَوَاءِ وَالمَاءِ وَالتُّرْبَةِ دُورِيًّا، وَيُسْجِلُ مُسْتَوِيَّاتِ التَّلَوُّثِ. وَفِي مَتَاوَلِ العُلَمَاءِ اليَوْمِ وَسَائِلُ تَقْيِينِ عِدِيدَةٍ وَمُتَنَوِّعَةٍ لَتَحْلِيلِ المَوَادِّ وَتَحْدِيدِ مُكَوِّنَاتِهَا. فَالتَّحْلِيلُ التَّوَعِي يُحَدِّدُ مُكَوِّنَاتِ المَادَّةِ نَوْعًا (ماهِيَّةً)، بَيْنَمَا يُحَدِّدُ التَّحْلِيلُ الكَمِّي هَذِهِ المَكُونَاتِ كَمًّا (وَزْنًا).

محلول  
مُحدَّد  
التركيز



## الاستشراب الغازي

يُستخدَمُ الكِيمَاوِيُّونَ أحيانًا أساليبَ الاستشرابِ الغازي لِغَضَلِ مَزِيجٍ مِنَ الغَازَاتِ، فَيَجْعَلُونَ المَزِيجَ يُسْرِي غَيْرَ جَامِدٍ مُعَيَّنٍ حَيْثُ تُمَثَّرُ بَعْضُ أَجْزَاءِ المَزِيجِ الغَازِي بِقُوَّةٍ أَكْثَرَ مِنْ سِوَاهَا، فَتُفَصِّلُ عَنْ مُكَوِّنَاتِ المَزِيجِ الأُخْرَى.

يَظَلُّ الصَّبْغُ الأزرق قَريبًا مِنْ مَرَكْزِ الورقة لِأَنَّهُ انْجَذَبَ إِلَى الورقة أَكْثَرُ مِنْ سِوَاهَا.

يُسْرِي الصَّبْغُ الأصفر نَحْوَ أَطْرَافِ الورقة لِأَنَّهُ انْجَذَبَ إِلَى المَاءِ أَكْثَرُ مِنْ سِوَاهَا.

يَحْتَاجُ العُلَمَاءُ إِلَى مَوَازِينٍ حَسَّاسَةٍ لِتَحْدِيدِ وَزْنِ المَوَادِّ الَّتِي يَستخدَمُونَهَا فِي المَخْتَبَرِ بِدِقَّةٍ. هَذَا النِّوعُ مِنَ التَّحْلِيلِ هُوَ تَحْلِيلُ كَمِّي.



محلول الاختبار  
العديم اللون يصبح  
احمر وريديا عندما  
يكتمل التفاعل.

## المُعَايَرَة

يُستخدَمُ الكِيمَاوِيُّونَ المُعَايَرَةَ لِتَحْلِيلِ الحَجْمِي لِقِيَاسِ تَرَكِيزِ المَحَالِيلِ، فَيَجْعَلُونَ المَحْلُولَ يَتفاعلُ مَعَ مَادَّةٍ كِيمَاوِيَّةٍ أُخْرَى مُحَدَّدَةٍ التَرَكِيزِ؛ وَعِنْدَمَا يَحْصُلُ تَغْيِيرٌ فِي اللَّوْنِ، يَكُونُ المَحْلُولُ قَدْ تفاعلَ بِكاملِهِ. وَبِحَسَابِ كَمِّيَّةِ المَادَّةِ المُتفاعلَةِ مِنَ المَحْلُولِ العَبَارِي يَمَكُنُ احْتِسَابَ تَرَكِيزِ المَحْلُولِ المُخْتَبَرِ.

لِكُلِّ فَرْزٍ جَانِبِيَّةٍ  
د ن ا فريدة  
وتختص به  
وحده.



## الاستشراب

الجَبَرُ الأسود هُوَ فِي الغَالِبِ مَزِيجٌ مِنَ أصْبَاحٍ مُخْتَلِفَةٍ. فَعِنْدَمَا نَضَعُ نَقْطَةً مِنْهُ عَلَى وَرَقَةٍ نَرشِجَ نَمَّ تُضَيَّفُ قَلِيلًا مِنَ المَاءِ، تَنْشُرُ بَقْعَةُ الجَبَرِ عَلَى شَكْلِ خَلَقَاتٍ مُخْتَلِفَةِ الألوانِ، كُلُّ حَلْقَةٍ تَحْوِي جَانِبًا مُخْتَلَفًا. وَتُفَصِّلُ الأصْبَاحُ لِأَنَّهُ بَعْضُهَا يَلْتَصِقُ بِالورقةِ فَيَظَلُّ قَريبًا مِنَ المَرَكْزِ، بَيْنَمَا يَبْقَى البَعْضُ الأُخَرُ ذَائِبًا فِي المَاءِ وَيَنْشُرُ بَعِيدًا عَنِ المَرَكْزِ. وَتُعرفُ هَذِهِ التَّقْيِينَةُ بِالاستشرابِ. وَيُستخدَمُ الكِيمَاوِيُّونَ طَرِيقَةَ الاستشرابِ فِي اخْتِبَارِ نَقَاوَةِ المَوَادِّ، كَمَا يَستخدَمُهَا الأَطْبَاءُ فِي تَحْلِيلِ عَيِّنَاتِ البَوْلِ لِلتَّكْشِفِ عَنْ أَثَرِ مِنَ السُّكَّرِ (مِنْ عِلَامَاتِ دَاءِ السُّكَّرِي).

الذهب الزائف (ذهب المغفلين)

يَبْرُكُ الذهب الزائف  
أثرا أسود عندما  
يُجَرُّ فَوْقَ بِلَاطَةٍ  
بِيضَاءٍ؛ بَيْنَمَا لَا  
يَبْرُكُ الذهب  
الحَقِيقِيّ أَيَّ عِلَامَةٍ.



## علوم الطب الشرعي

يُستخدَمُ عُلَمَاءُ الطبِ الشرعيِّ تَجَارِبَ عِدِيدَةٍ لِحَلِّ أسْرَارِ الجَرَائِمِ. مِنْ هَذِهِ التَّجَارِبِ، مَثَلًا، تَجْرِبَةٌ جَدِيدَةٌ تُعرفُ بِسِيْمَايَةِ د ن أ، تُستخدَمُ فِي كَشْفِ الفَاعِلِ مِنَ بَيْنِ الشُّبُهَةِ بِهِمْ بِفَحْصِ لُطْفَةٍ مِنْ دَمِهِ أَوْ بَعْضِ الخَلَايا مِنْ جِلْدِهِ، كَتَلِكِ المَتَوَاجِدَةِ فِي جُذُورِ الشَّعْرِ. وَتَعْتَمِدُ هَذِهِ الطَّرِيقَةُ عَلَى الاستشرابِ، المِمَّاثِلَةِ لِلاستشرابِ، لَكِنَّهَا تُستخدَمُ مِجَالًا كَهَرَبَاتِيًّا، حَيْثُ تُفَصِّلُ المَادَّةَ الوَراثِيَّةَ عَنْ بَقِيَّةِ أَجْزَاءِ القِيَّةِ. وَبِمَا أَنَّ صِيغَةَ د ن أ فِي هَذِهِ المَادَّةِ فَرِيدَةٌ لِلشَّخْصِ دُونَ سِوَاهَا، نَمَامًا كَبَضَمَاتِ الأصْبَاحِ، لَذا تُستخدَمُ فِي التَّعْرِفِ عَلَى الفَاعِلِ. وَهَذَا يَبْرُزُ تَسْمِيَةً هَذِهِ الوَسِيلَةَ أحيانًا بِبَضَمَاتِ الأصْبَاحِ الوَراثِيَّةِ.

## الاختبار الإثلافي

أَحْقِيقِيّ هَذَا الذَّهَبُ أَمْ زَائِفٌ؟ ذَهَبُ المَغْفَلِينَ مُرَكَّبٌ كِيمَاوِيٌّ مِنَ الحَدِيدِ وَالكَبْرِيْتِ يُشَبِّهُ الذَّهَبَ. وَلِاخْتِبَارِ عَيِّنَةٍ مِنْهُ، يَمَكُنُ لِلكيمياءِي أَنْ يَزِنَهَا (فَالذَّهَبُ الزَائِفُ، ذَهَبُ المَغْفَلِينَ، أَخَفُّ مِنَ الذَّهَبِ)، أَوْ أَنْ يُضَيَّفَ إِلَيْهَا حَامِضًا (يَذُوبُ ذَهَبُ المَغْفَلِينَ فِي الحَامِضِ)، أَوْ أَنْ يُجَرَّهَا فَوْقَ بِلَاطَةٍ بِيضَاءٍ (حَيْثُ يَبْرُكُ الذَّهَبُ الزَائِفُ خَرًّا أَسْوَدًا). إِنَّ اخْتِبَارِي الحَامِضِ وَالبِلَاطَةِ البِيضَاءِ يُتْلَفَانِ القِيَّةَ، فَهَمَا مِنَ الإخْتِبَارَاتِ الإِثْلَافِيَّةِ. أَمَّا اخْتِبَارُ الوِزْنِ فَهُوَ لَإِثْلَافِيّ فَيَبْقَى القِيَّةُ سَلِيمَةً.



## فرانسيس أستون

بدأ فرانسيس أستون (١٨٧٧-١٩٤٥)، الكيميائي الإنكليزي عمله كمساعد لـ ج. ج. طومسون في مختبر كافنديش، بجامعة كامبريدج، حيث درس الأشعة الموجية المشحونة، واخترع المطياف الكتلي عام ١٩١٩، فتمكن به اكتشاف العديد من النظائر الجديدة، ونال بذلك جائزة نوبل للكيمياء عام ١٩٢٢.



## المطياف الكتلي

كُلُّ الذرات صغيرة جدًا بحيث يصعب قياسها، لكن يمكن مقارنتها بواسطة المطياف الكتلي. يفرز المطياف ذرات العينة بحسب كتلتها، ويبين المقادير المتواجدة من كل نوع منها. ويتم ذلك بتحويل الذرات إلى أيونات ثم بجعلها تنحرف في مجال مغناطيسي. الأيونات الثقيلة تنحرف أكثر من الأيونات الخفيفة، وبذلك تفرز الأيونات ويمكن تعيين طبيعة كل منها.

تنحرف الأيونات الكبيرة الكتلة بعيدًا عما يلتقطه الكاشف. ولا تنحرف الأيونات الصغيرة الكتلة بقدر كافٍ.

يُنْتَرِج تيار الأيونات بواسطة مجال كهربائي ومن ثم يُخَرَف بمجال مغناطيسي.

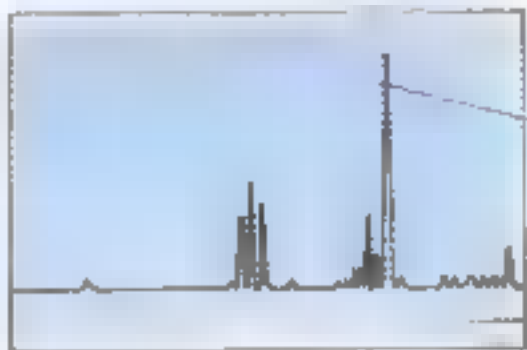
قراءة من المطياف الكتلي.

يُعْطِي غُلُو القمة عدد الأيونات المتواجدة من كل نوع.

يُعْطِي المقياس الأسفل كتلة كل نوع من الأيونات.

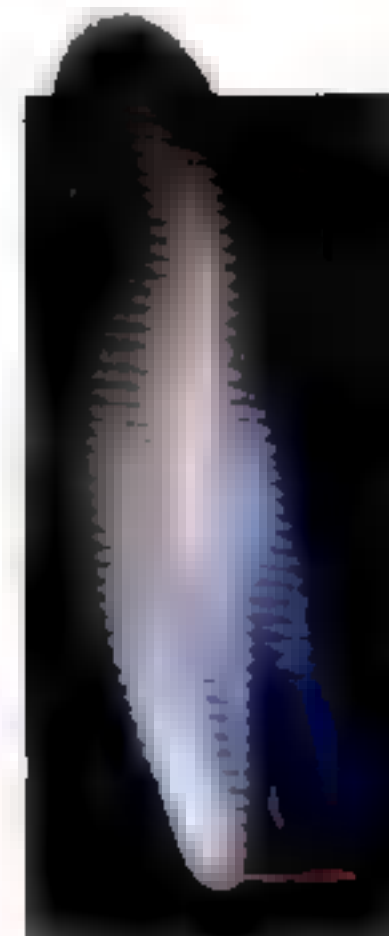
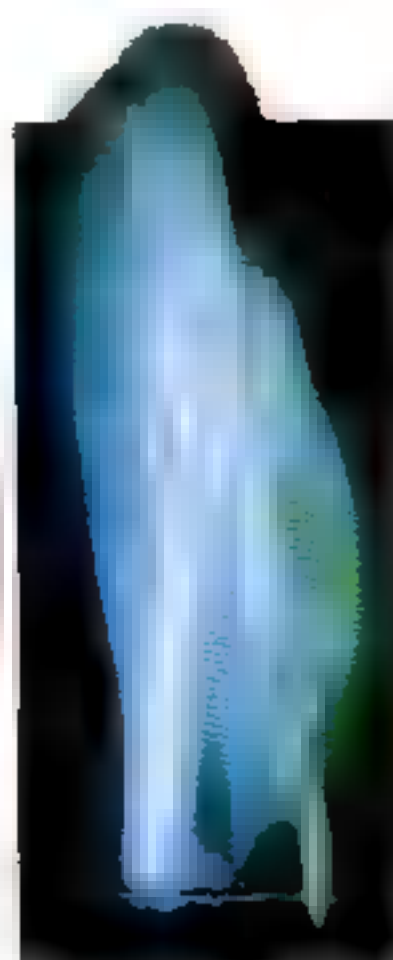
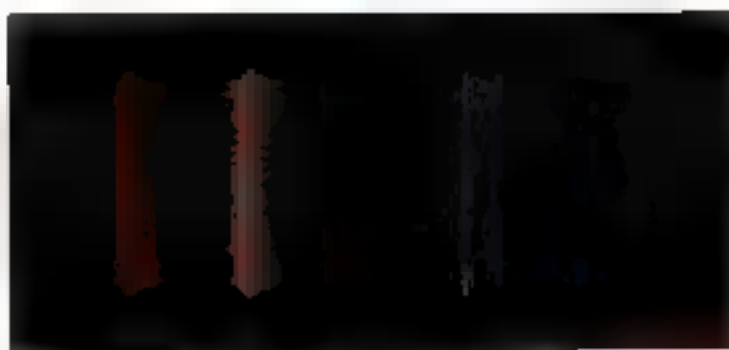
نوع واحد من الأيونات فقط يُخَرَف بالقدر الصحيح، ويتغير شدة المجال المغناطيسي. يُسَجَّل الكاشف الأيونات المختلفة.

طيف الانبعاث الذري لعنصر الهليوم



## طيف الانبعاث الذري

الضوء المنبعث من الذرة خلال اختار اللهب ما هو إلا جزءٌ بَرُّ من كلِّ خفي. فالذرة، في الواقع، تُبْثِرُ طبقًا من الأصواء المختلفة الألوان عند إحمانها، بعضها فقط مرئي لنا. أما الترددات الضوئية الأخرى، فيمكن التقاطها ورؤيتها، بواسطة المطياف، كطيف انبعاث ذري. وهذا الطيف هو كضمة الإصبع بالنسبة للذرة، لأن لكلِّ عنصر طيفه الفريد المميز.



تحترق مركبات الصوديوم بلهب برتقالي.

تحترق مركبات الرصاص بلهب أزرق.

تحترق مركبات النحاس بلهب أزرق مائل إلى الخضرة.

كيميائي يبيّن يختبر نقاوة ماء النهر.

## اختيارات اللهب

عند إحماء مُركَّب فلزي في لهب ماء، يحترق مُكبَّب اللهب لونًا مُعيَّنًا. ويحدث ذلك لأن حرارة اللهب تُدَوِّمُ إلكترونات الذرات بسرعة فتنبعث الضوء. والفيلزات المختلفة تُلَوِّنُ اللهب بالألوان المختلفة مُميِّزة يمكن بها تعرّف الفيلز ومركباته. فمركبات النحاس، مثلاً، تكتسب اللهب دوماً لوناً أزرق مائلاً إلى الخضرة. وهذه الألوان المُميِّزة لمركبات الفيلزات هي قوائم الألوان الجميلة في الأنهم الثابتة.

تحترق مركبات الباريوم بلهب بُني مائل إلى الخضرة.

تحترق مركبات البوتاسيوم بلهب ليلكي.



تحترق مركبات الليثيوم بلهب أحمر.

## تحليل أسباب وفاة نابليون

حلّل الكيميائيون عَيَات من شعر نابليون بوناپرت (١٧٦٩-١٨٢١)، الإمبراطور الفرنسي، بعد وفاته، فوجدوا فيها كمّيات ضئيلة من الزرنيخ. فاشتبه بأنه مات مسموماً. لكن تمّ مؤخرًا اكتشاف مستويات عالية من الزرنيخ في صباغات ورق جدران منزله، فلعل الرطوبة والفض أنشهما في تحويل ذلك الزرنيخ إلى غاز قاتل.



## فحص المياه

يستخدم علماء البيئة التحليل الكيميائي لفحص نوعية المياه وسلامتها. فمياه الأنهار قد تكون ملوثة بالأسمدة والنظفات والأوساخ ومياه المجاري والمطر الحمضي. ويمتدور العالم استخدام أساليب المقارنة، مثلاً، لإيجاد كمية العادة المُدانة في عينة من الماء.



## لمزيد من المعلومات انظر

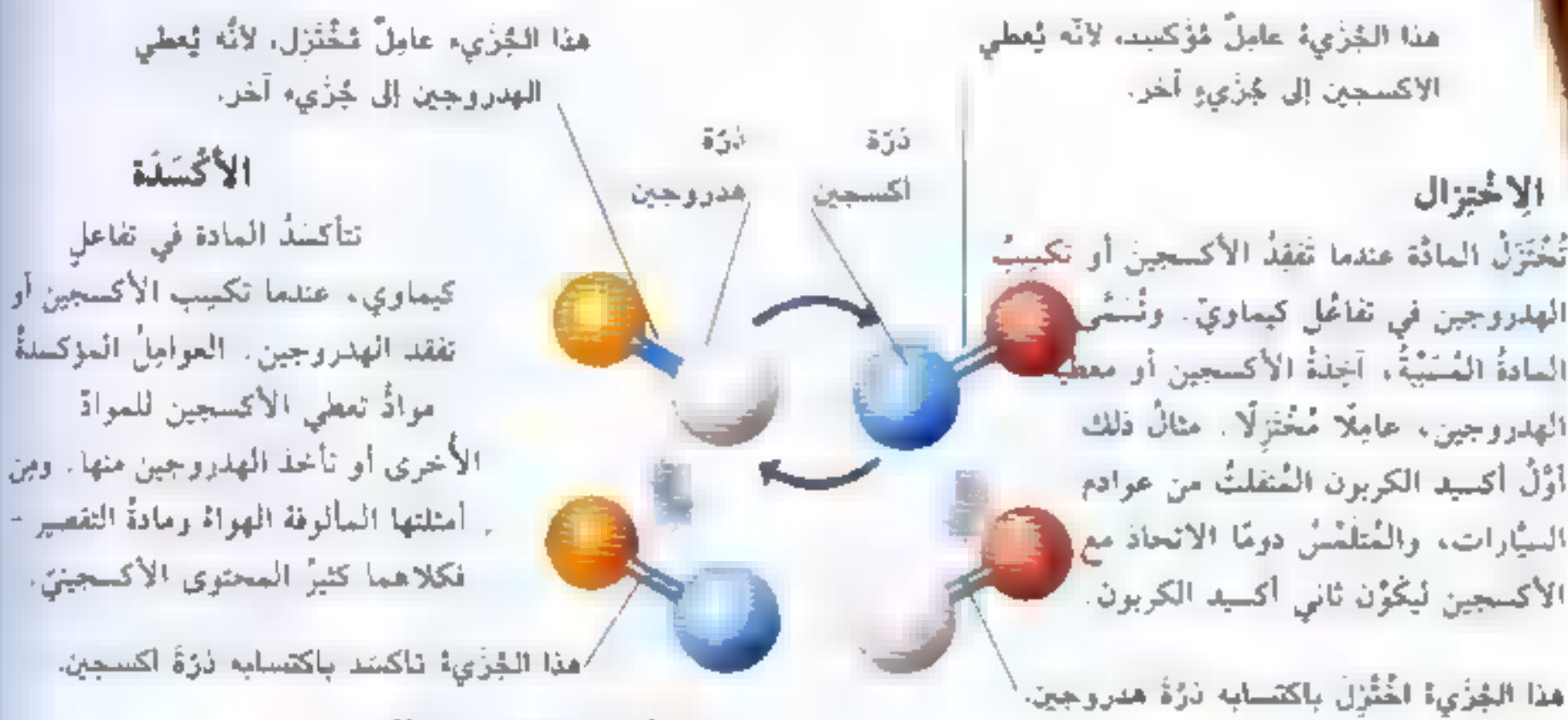
- البيئة الذرية ص ٢٤
- المركبات والمزيجات ص ٥٨
- فضل المزيجات ص ٦١
- مصادر الضوء ص ١٩٣
- الوراثيات ص ٣٦٤
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٤



# الأكسدة والاختزال

لو أن الرواد الذين نزلوا على سطح القمر أرادوا إشعال نارٍ على سطحه لما استطاعوا. فالاختراق هو تفاعل أكسدة - تتحد فيه المادة مع الأكسجين؛ ولا أكسجين في جو القمر. أما في جو الأرض، فالكثير من التفاعلات الكيميائية المهمة التي تحصل كل يوم تتضمن تفاعلات أكسدة - كاحتراق المواد وصدا الفلزات وحتى في عملية التنفس. فالطعام الذي نأكله يتحول إلى طاقة بالانحداد مع الأكسجين الذي نستنشق. ويُقال عن جميع المواد التي تتحد مع الأكسجين أو التي تفقد الهيدروجين بأنها تأكسدت. كما إن عملية فقد الأكسجين أو كسب الهيدروجين تسمى اختزالاً. والواقع أن عمليتي الأكسدة (الاختزال والأكسدة) تحدثان مترافقتين - فعندما تكسب إحدى مادتي التفاعل الأكسجين تكون الأخرى قد فقدته.

عندما يحترق شيء فإنه يتحد مع أكسجين الهواء. فالاحتراق هو تفاعل أكسدة.



## أكسدة الرخفة في الأفران

يزين الخزافون فخارياتهم بمادة تزيين نحوي فلزاً كالحديد مثلاً. وعندما يُشوى الوعاء الفخاري في فرن، بوفرة من الأكسجين، يتأكسد الحديد ليكوّن أكسيد الحديد، ح ٣، ١، ٠ الأحمر اللون. أما إذا سُري الوعاء في فرن دون وفرة من الأكسجين، فالحديد يتأكسد مُكوّناً أكسيد الحديد، ح ٢، ١، ٠ الأسود اللون.



## التآكل بالصدا

يتصدأ الحديد أو الفولاذ إذا ما تعرّض للهواء والرطوبة. والصدا مثال على تفاعل أكسدة هدام. فعندما يتأكسد الحديد يكوّن طبقة سطحية من أكسيد الحديد (الصدا)، يظل يخرقها أكسجين الهواء ليتلغ الطبقات الداخلة؛ وسرعان ما يأخذ الصدا سيّله إلى كامل الفلز فيتلغ. ولتُمنع هذا التفاعل المُدمر، تُطلى السطوح الفولاذية، كهيكل السفن، بالدهان الواقى الذي يمنع وصول أكسجين الهواء إليها.

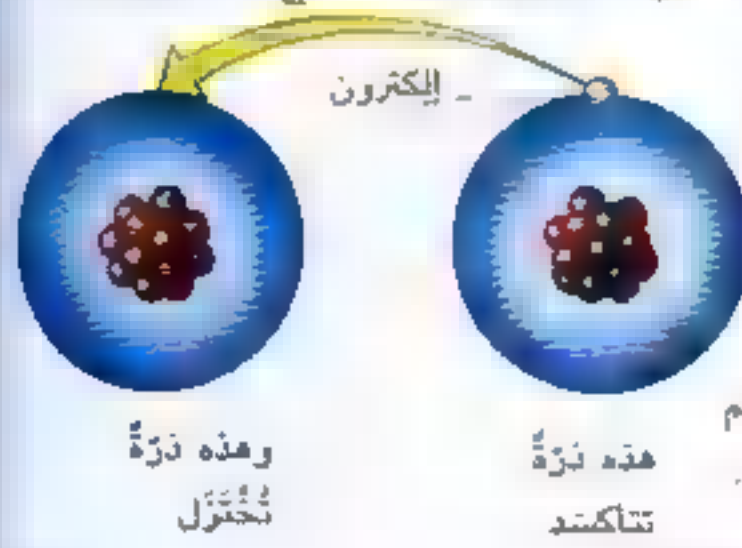
## الأكاسيد

تتحد اللافلزات مع الأكسجين لتكوّن أكاسيد؛ ومخاليق هذه الأكاسيد في الماء حامضية. فأكاسيد النتروجين وثاني أكسيد الكبريت، مثلاً، هي أكاسيد لافلزات تبيتها مخططات القدرة الكهربائية في الجو. وعندما تذوب هذه في الهواء الرطب تسقط مطراً حمضياً يلحق الضرر بالأشجار والبحيرات والأبنية. لذا يحاول المسؤولون عن مخططات القدرة معالجة المُبتعثات منها قبل انطلاقها إلى الجو. هذا وتتحد الفلزات مع الأكسجين لتكوّن أكاسيد قاعدية - محاليلها في الماء قلوية.

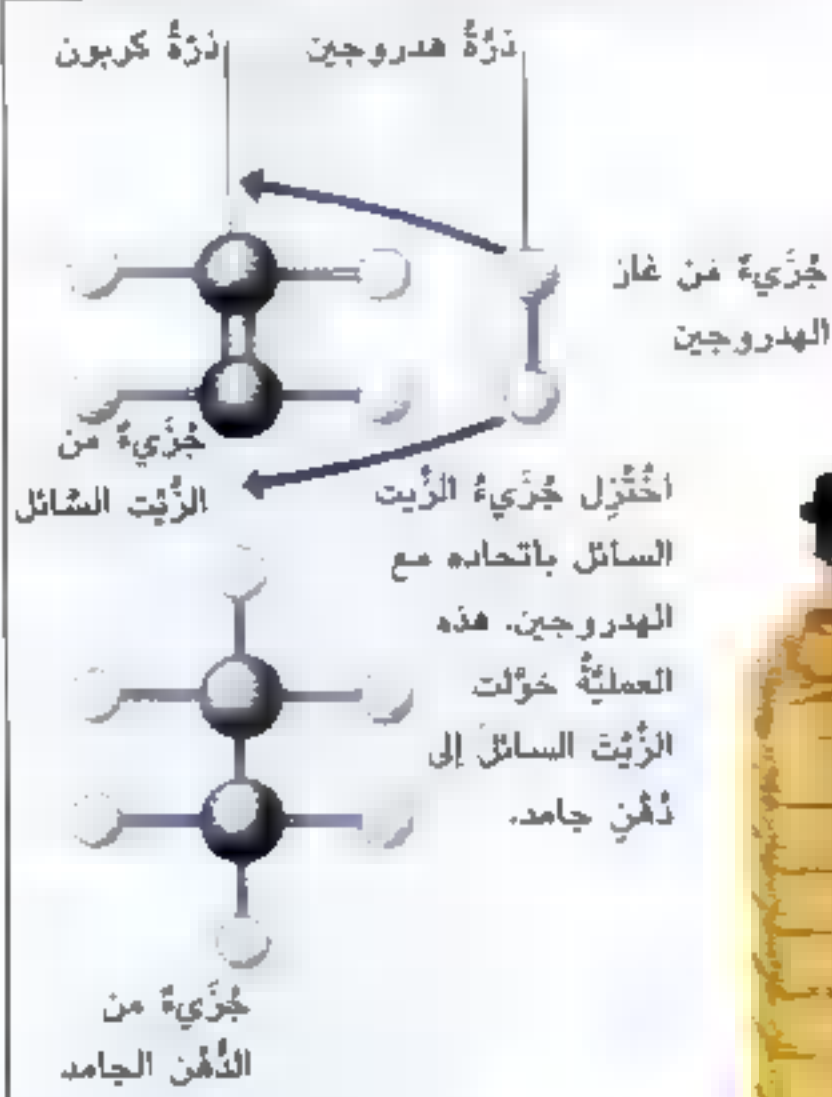


## اتصال الإلكترونات

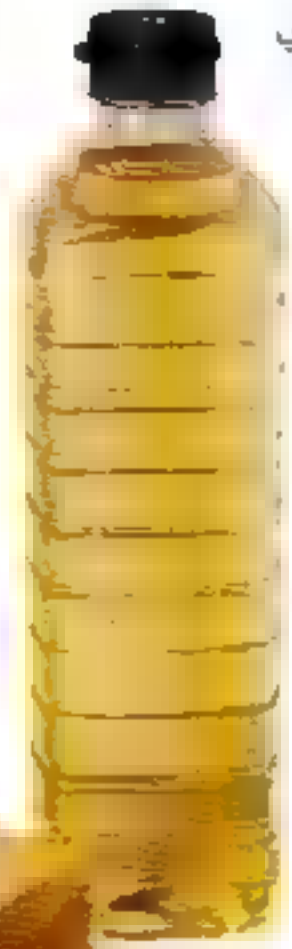
في عمليات الأكسدة والاختزال تجري دائماً مُناقلة الإلكترونات بين الذرات. فالذرات التي تكسب إلكترونات يُقال إنها اختزلت والتي تفقد إلكترونات إنها تأكسدت. ونظراً مع الكيميائيين نسمي هاتين العمليتين أكسدة واختزالاً حتى ولو لم يتضمن التفاعل عُضري الأكسجين والهيدروجين.







**تصنيع المرحرين**  
يصنع زيت المرحرين الجامد من الزيوت النباتية السائلة (كزيت فوار الشمس) باتحادها مع الهيدروجين. وتسمى هذه العملية بالهدرجة وهي مثال عملي على تفاعلات الاختزال. ويمكن التحكم في قوام المرحرين طراوة أو صلابة، حسب الطلب، بزيادة كمية الهيدروجين المتفاعلة مع تلك الزيوت.



زيت سائل



دهن جامد

### مضادات التأكسد

يُفسد الطعام إذا ما تفاعل مع أكسجين الهواء. ولتفادي ذلك، تُضاف

كيمائيات مُضادة للتأكسد إلى الطعام خلال تصنيعه. وهذه الكيمائيات تُوقِف تآكسد الطعام بتأكسدها هي فيبقى الطعام سليماً. وغالباً ما توجد مضادات التأكسد هذه بخافضة في الأغذية الدهنية كالزيوت النباتية لأنها سريعة التأكسد.

### مكافحة الحريق

إشعال النار يحتاج إلى وقود وإلى حرارة لبدء الاشتعال. وحيث إن الاحتراق هو تفاعل أكسدة، فإنه يحتاج أيضاً إلى توافر كافٍ من الأكسجين ليشتعل. وعندما يتوقف ذلك الإمداد تنطفئ النار. وهكذا يمكن إطفاء النار بإخمادها بواسطة بطانية، أو بتغطيتها بالرغوة الكيماوية أو بثاني أكسيد الكربون من مطفأة حريق.



### محللة النفس

تستخدم شرطة السير في بعض البلدان تفاعل أكسدة لاختبار الكحولية لدى السائقين. فعندما يزفر أحدكم داخل محللة النفس، يتأكسد الكحول (الإيثانول) في زفيره إلى حامض الإيثانويك (حامض الخل) مولداً تياراً كهربائياً. وتبين شدة التيار كمية الكحول المتواجدة في نفس السائق.



### البارود

نشوق البارود مزيج متجانس من نترات البوتاسيوم (٧٥٪) والكبريت (١٠٪) والكربون (١٥٪). ولا يُعرف على وجه الدقة من اخترع البارود ولا متى، ولكن الثابت أن الصينيين استخدموه قبل القرن السابع ق.م. وأخذ العرب عنهم ونقلوه إلى أوروبا. إن اشتعال البارود هو تفاعل أكسدة تفجيري؛ لكن، بخلاف المواد الأخرى التي تحترق بأكسجين الهواء، فإن البارود يستبدل أكسجين احتراقه من نترات البوتاسيوم - الذي تدل صيغة تركيبه بوناً على وفرة محتواه الأكسجيني.



### الاحتراق

في المحرك الداخلي الاحتراق، يحترق البنزين مُطلقاً الطاقة اللازمة لتحريك السيارة. وكل تفاعلات الاحتراق، فإن احتراق البنزين هو أيضاً تفاعل أكسدة، وهذا التفاعل يُطلق الطاقة.

مع صعود المكابس تدفع الغازات الحارة خارج الأسطوانة إلى أنبوب الإفلات. وتعاود هذه الدورة تكراراً.

نشتت الأكسجين المنبعث من النباتات لا أكسدة الطعام الذي نأكل. وهذا التفاعل يوفر لنا الطاقة.



### التنفس والتخليق الضوئي

التنفس والتخليق الضوئي: تفاعلات حيويةان وهما تفاعلات أكسدة واختزال. فبالتنفس يتأكسد الطعام الذي نأكل، فتتطلق الطاقة اللازمة والأكسجين. لأجسامنا. والنباتات تقوم بالتخليق الضوئي الذي بواسطته نحترق ثاني أكسيد الكربون من الهواء لتكوّن مواداً سكرية ونشوية.



### التفسير (التبسيط)

نحوي سوايل التفسير المبسطة مؤكيدات فعالة تستطيع أكسدة المواد المتواجدة في الأقمشة وإزالتها. فمواد التفسير الحديثة تحوي فوق أكسيد الهيدروجين هوأ الذي يُبين صيغته وفرة الأكسجين فيه.

### لمزيد من المعلومات انظر

- الشبة الذرية ص ٢٤
- الأكسجين ص ٤٤
- الهيدروجين ص ٤٧
- التفاعلات الكيماوية ص ٥٢
- كيمياء الهواء ص ٧٤
- المخترعات ص ١٤٣
- التخليق الضوئي ص ٣٤٠
- التنفس الخلوي ص ٣٤٦
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٤



## سلسلة التفاعلية

البوتاسيوم فلز رخو أبيض فضي شديد التفاعلية لا يتواجد في الطبيعة إلا مُتحدًا مع غيره من العناصر. في المقابل فإن الفضة فلز غير فعال كيميائيًا بحيث يمكن استخدامه بأمان في صناعة أدوات المائدة. وإذا قارنا شدة الفاعلية للفلزات الكيميائية، يمكننا وضعها في جدول تراتبي يُسمى سلسلة التفاعلية. فالفلزات في أعلى هذه السلسلة هي الأشد فاعلية، وتلك التي في أسفلها هي الأقل فاعلية. ونساعدنا هذه السلسلة في توقع ما سيحدث عند تفاعل الفلزات المختلفة بعضها مع بعض. فإذا تنافس البوتاسيوم والفضة، مثلاً، على التفاعل مع الكلور، فالغلبة للبوتاسيوم والناتج كلوريد البوتاسيوم. وهكذا فالفلز الأعلى في سلسلة التفاعلية له الغلبة على ما دونه من فلزات في أي تفاعل كيميائي.



## الذهب عديم التفاعلية

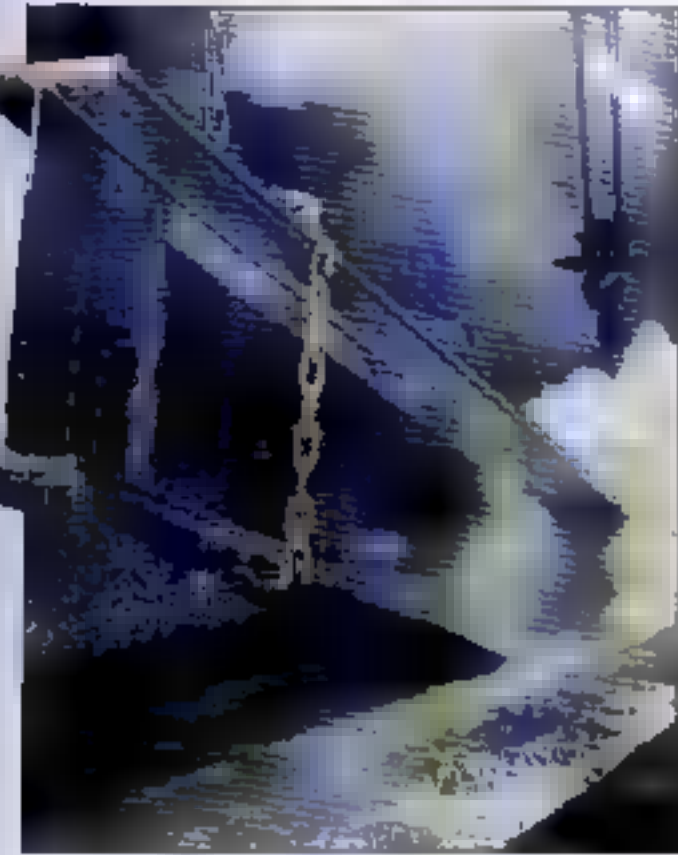
يكشف علماء الآثار من حين لآخر أشياء ذهبية كالخيل والاقنعة. واللافت في هذه الأشياء أنها غالبًا ما تحتفظ برونقها كأنها صُنعت حديثًا - رغم أنها قد طُهرت تحت التراب آلاف السنين. فالذهب، بخلاف غيره من الفلزات التي كانت تتأكّل وتبلى، عديم التفاعلية. لذا نجد الذهب في أسفل سلسلة التفاعلية.

إذا أزيلت طبقة أكسيد الألومنيوم الواقية عن سطحه، يتفاعل الألومنيوم المُعرّض بشدّة مع الهواء.



## الألومنيوم

الألومنيوم فلز غريب، فرغم موقعه العالي في سلسلة التفاعلية، نستخدم أواني الألومنيوم في المطبخ بكثرة. وتعليل ذلك أن الألومنيوم يتفاعل مع أكسجين الهواء مُشكّلًا طبقة واقية عديمة الفاعلية من أكسيد الألومنيوم. أما إذا أزيلت تلك الطبقة بحك رقيقة ألومنيوم مثلاً، بمادة كيميائية مثل كلوريد الزئبق، فالألومنيوم المُعرّض سيتبدّد شديد التفاعلية.



## الغلظة

يمكن وقاية الأشياء المصنوعة من الفولاذ (الذي هو حديد في معظمه) من التآكل بالصدأ بتغطيتها بطبقة من فلز أكثر منه فاعلية، كالخارصين، وهذه الطريقة تُعرف بالغلظة. إنه حتى لو أُخِذت طبقة الخارصين الواقية، فأكسجين الهواء سيتفاعل مع الخارصين وليس مع الحديد. وتُدعى هذه الوقاية أحيانًا الوقاية الأثنيائية لأن الخارصين يُضخّى به لوقاية الحديد.

## موقع الصوديوم

عالي في سلسلة التفاعلية.

إذا فهو يُشكّل مركبات مستقرة جدًا. فلاستخراج فلز الصوديوم يلجأ إلى كهلة كلوريد الصوديوم المُنصهر، وهي طريقة شديدة المجهود لكن باهظة التكلفة.

يقع النحاس في القسم السفلي من سلسلة التفاعلية لذا يتطلب طاقة أقل لاستخراجه. فيمكن الحصول على النحاس بإحماء خاماته فقط.

يقع الذهب في أسفل سلسلة التفاعلية وهو عديم الفاعلية، لذا يُوجد في الطبيعة نقيًا.

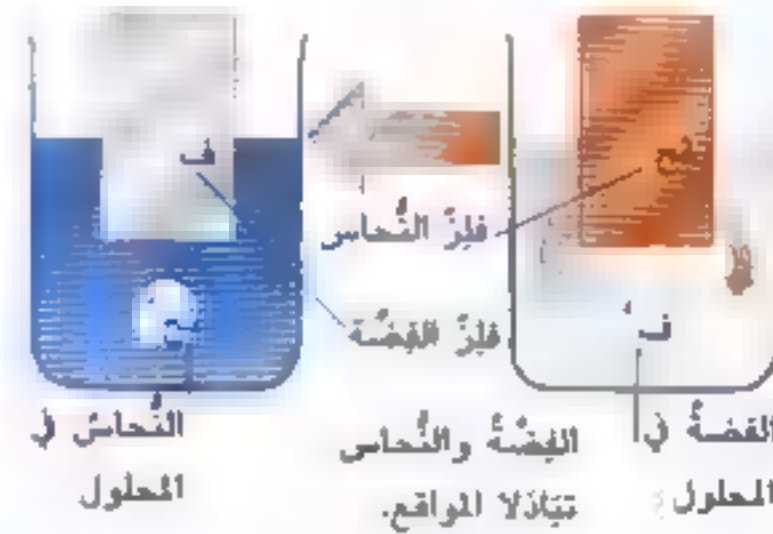
## سلسلة التفاعلية

البوتاسيوم  
الصوديوم  
الكالسيوم  
المغنسيوم  
كالدريوم والبوتاسيوم، تتفاعل بشدّة مع الهواء؛ بينما الفلزات في أسفلها، كالفضة والذهب، فلا تتفاعل مع الهواء ولا تتأثر به. أما فلزات الوسط، كالحديد والخارصين، فتتفاعل مع الهواء ببطء شديد. وتعتمد طريقة استخراج الفلز من خاماته على موقعه في سلسلة التفاعلية.

تجمع فلز الفضة

## الإزاحة

إذا أسقطت قطعة نحاس في محلول نترات الفضة، فالفلزّان (النحاس والفضة) سيتنافسان على أيونات النترات. وحيث إن النحاس أعلى من الفضة في سلسلة التفاعلية، فيمقدوره «انتزاع» أيونات النترات من الفضة. والنتيجة تكون محلول أزرق من نترات النحاس وتشكّل إبر من فلز الفضة فيه. ويدعى هذا تفاعل إزاحة، إذ أزاح النحاس الفضة من المحلول.



محلول نترات الفضة يتكوّن محلول نترات النحاس الأزرق

## تاريخ الفلزّات

استُخدِم الفلزّات جاء متأخرًا في التاريخ. فالإنسان القديم استُخدم العظام والحجارة والخشب لأدواته. الفلزّات المتواجدة حرّة في الطبيعة كالنحاس والفضة والذهب (والواقعة في أسفل سلسلة التفاعلية) تم اكتشافها بسهولة، وكانت أولى الفلزّات التي استُخدمها الإنسان. وحوالي سنة ٢٠٠٠ ق.م. تمكّن الإنسان القديم من استخراج الحديد، الأكثر فاعلية، من خاماته بالحرارة؛ وبذلك بدأ عصر الحديد. أما الألومنيوم فهو فلز متوافر في القشرة الأرضية لكنه شديد التفاعلية؛ فلم يتم استخراجُه عمليًا إلا في القرن التاسع عشر.

ملقاط حديدي من عصر الحديد.

## لمزيد من المعلومات انظر

- الفلزّات القلوية ص ٣٤
- الفلزّات الانتقالية ص ٣٦
- المحاليل ص ٦٠
- الكهولة (التحليل بالكهرباء) ص ٦٧
- الحديد والفولاذ ص ٨٤
- النحاس ص ٨٦
- الألومنيوم ص ٨٧
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٤



# الكهرلة (التحليل بالكهرباء)

الكهرلة (التحليل بالكهرباء) هي عملية تحليل مركب ما إلى أجزائه بالكهرباء، ولإنجاح هذه العملية يجب أن يكون المركب موصلًا للكهرباء - إما مصهورًا أو محلولًا - وأن يحوي أيونات طليقة الحركة ذات شحنت كهربائية. ويوضع مسريان فلزيان، أو كربونيان، يُعرفان بالإنكترودين، في المادة المراد كهرلتها، وتدعى الكهرل (الإنكتروليت). عند وصل الإنكترودين بالبطارية تسري الكهرباء عبر السائل، فتتحرك أيونات المركب الموجبة الشحنة نحو الإنكترود السالب (المهبط أو الكاثود)، وتتحرك الأيونات السالبة الشحنة نحو الإنكترود الموجب (المضعد أو الأنود). وهكذا يتحلل المركب إلى جزئين.

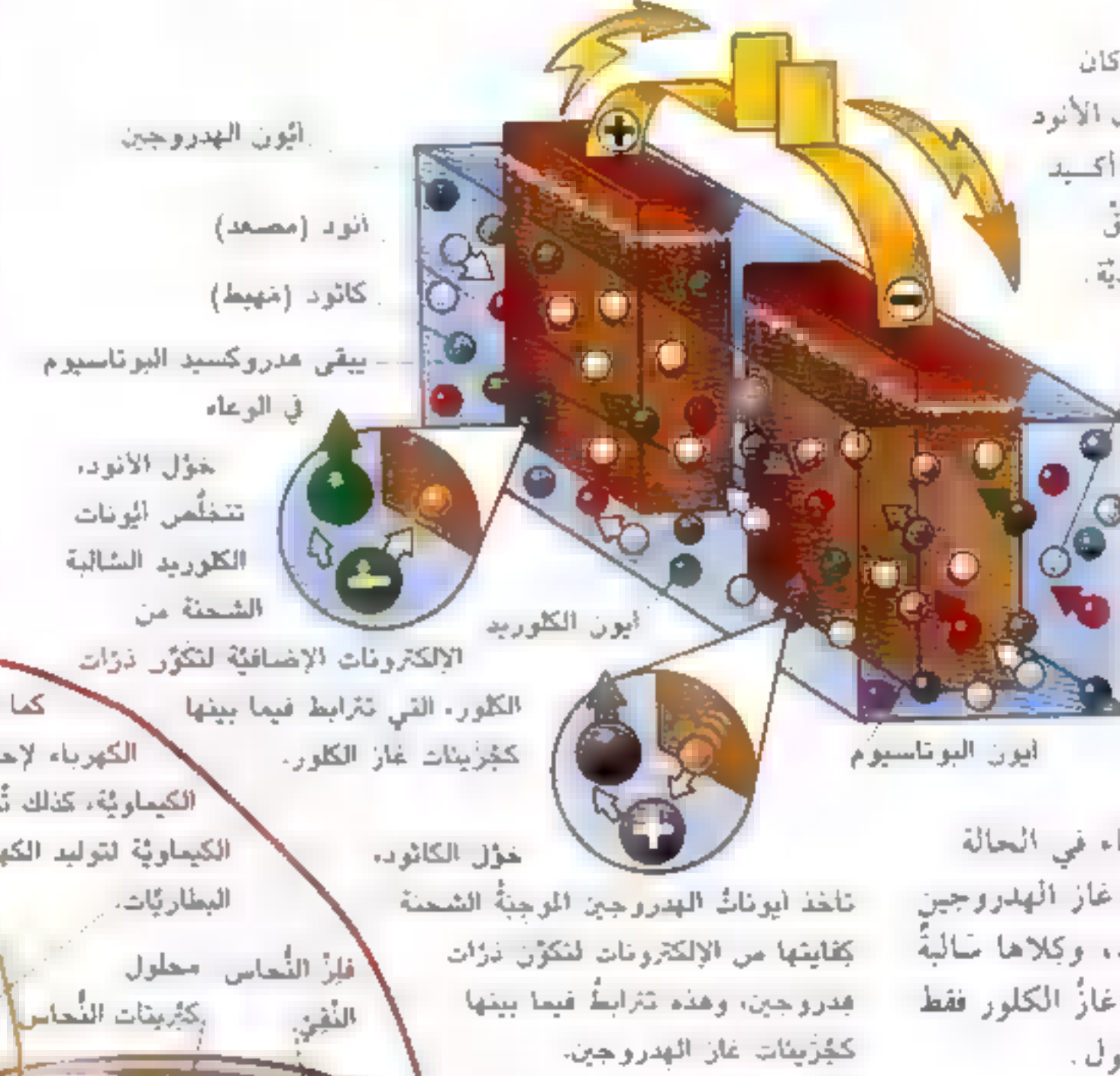


## التحليل بالكهرلة

تستخدم الكهرلة (التحليل بالكهرباء) في تنقية النحاس المشوب، وتُعرف هذه الطريقة بالتنقية الكهرلية. فيجعل الأنود من النحاس المشوب، والكاثود (المهبط) صفيحة من النحاس النقي في كهرل من محلول كبريتات النحاس. عند إمرار الكهرباء في المحلول، ينتقل النحاس النقي من النحاس المشوب إلى صفيحة النحاس النقي، وترسب الشوائب في القاع.



يُنَوَّرُ المفتاح ليُطْلَق بالتساوي.

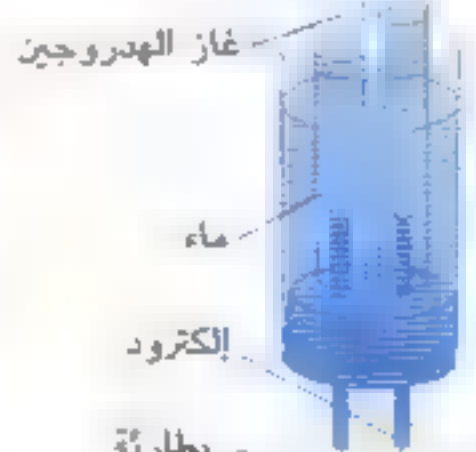


## الطلاء بالكهرباء

لطلاء جسم ما، كـمفتاح مثلاً، بطبقة فلزية رقيقة كهربائياً، يُجعل هذا الجسم كاثوداً، والأنود قطعة نية من فلز الطلاء كـالنحاس، فيما يحوي الكهرل مركباً من هذا الفلز (ككبريتات النحاس، مثلاً). عند إمرار التيار الكهربائي، تتحرك أيونات الفلز غير المحلول وترسب على المفتاح فتطليه. وبالطريقة نفسها تُصنع غُلبُ الشك بطلاء صفائح الفولاذ بالقصدير كهربائياً.

## الماء

عند إمرار الكهرباء في الماء (هـ. أ)، يتكوّن غاز الهيدروجين خول الكاثود وغاز الأكسجين خول الأنود. وحيث إن الماء يحوي ذرتين من الهيدروجين لكل ذرة واحدة من الأكسجين، فإن حجم الهيدروجين الناتج يكون ضعف حجم الأكسجين.



## الأنودة

إذا أُمِرَ تيار كهربائي في محلول حامضي، وكان الأنود من الألومنيوم، يتكوّن الأكسجين حول الأنود ويتفاعل مع الألومنيوم مكوناً طبقة واقية من أكسيد الألومنيوم، ويُعرف هذا بالأنودة. وتُعَدُّ رقائق الألومنيوم الملوّنة بصباغ هذه الطبقة الأكسيدية.

## الأيونات المتحرّكة

عند إمرار الكهرباء في محلول كلوريد البوتاسيوم (بوكل) في الماء (هـ. أ)، يتحلل لا كلوريد البوتاسيوم فقط بل الماء أيضاً. وذلك لأنّ كلا أيونات البوتاسيوم وأيونات الهيدروجين، وكلاهما موجبة الشحنة، تتجه نحو الكاثود. وبما أنّ البوتاسيوم الشديد التفاعلية يُفضّل البقاء في الحالة الأيونية، فإنه يبقى في المحلول ويُنتج غاز الهيدروجين فقط. أمّا أيونات الكلوريد والهيدروكسيد، وكلاهما سالبة الشحنة، فتتجه إلى الأنود، حيث يُنتج غاز الكلور فقط فيما تبقى أيونات الهيدروكسيد في المحلول.

## همفري ديفي

اشتهر همفري ديفي (1778-1829)، الكيميائي الإنكليزي، باختراعه مصباح الأمان للمعدنين الذي يحمل اسمه؛ لكنه كان أيضاً من أوائل مستخدمي التحليل بالكهرباء. فقد اكتشف الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم وعدداً آخر من الفلزات بواسطة فصلها عن مركباتها بالكهرلة. وفي عام 1813، عُيِّن ديفي مُساعداً له اسمه مايكل فارادي فتابع هذا أعمال ديفي وأصبح من مشاهير العلماء فيما بعد.



## لزيد من المعلومات انظر

- الترابط الكيميائي ص 28
- المحاليل ص 60
- سلسلة التفاعلية ص 66
- النحاس ص 86
- الخلايا والبطاريات ص 150
- حقائق ومعلومات ص 404



النشفت الحامض  
من شلم الأس  
الهيدروجيني (هـ)

# الحَوَامِض (الحموض)

لقياس قوّة الحوامض والقُلُوبَات يُستخدَم القلعة شلم الأس الهيدروجيني (هـ) الذي  
مذاه من ١ إلى ١٤. وكلما ازدادت أيونات الهيدروجين في المحلول تزداد قوّة  
الحامضية، وينخفض أسه الهيدروجيني (هـ)، الذي هو لكل الحوامض أقل من ٧.

٧ (شعادل)

٦

٤

٣



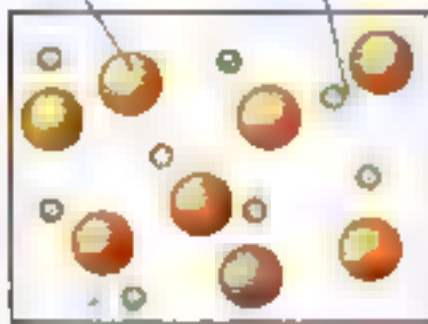
حوامض  
ضعيفة (هـ عالي)  
تحتوي الحمضيات كالليمون  
والبرتقال حامض الليمون، وهو  
حامض ضعيف، أسه الهيدروجيني  
(هـ) عالي نوعاً، لكنه دون الـ ٧.

طعم الليمون حديق لأنه يحوي حامض الليمون أو حمض الستريك.  
والحوامض واسعة الانتشار جداً، فمنها ما يوجد في التمل (حامض  
التمليك) وفي العنب (حامض الطرطير) وفي المشروبات الآزة (حامض  
الكربونيك) وفي بطاريات السيارات (حامض الكبريتيك) وحتى في معدنا  
(حامض الهيدروكلوريك). أما الحوامض القويّة، كحامض الكبريتيك والنتريك،  
فهي حموض خطيرة لأنها تحرق الثياب والجلد، ويجب الحذر منها عند استعمالها في  
المختبرات. لكن بعض الحوامض الضعيفة، كالحموض المتواجدة في الفاكهة، يصلح  
للأكل أو مطبياً للطعام. والحموض كلها تحوي الهيدروجين، وتذوب في الماء مكوّنة  
أيونات الهيدروجين الموجبة الشحنة. وهذه الأيونات هي المسؤولة عن خصائص  
الحوامض المميّزة. كما إن عدد أيونات الهيدروجين التي يكوّنها الحمض في الماء  
هو مقياس قوّته، يُعرف بالأس الهيدروجيني (هـ).

أيون هيدروجين  
موجب  
أيون سالب



حامض قويّ مُخفّف



حامض قويّ مُركّز

## الحموض القويّة

بعض الحوامض، كحامض النتريك والكبريتيك، هي حموض  
قويّة لأن جزيئاتها تتحلل بالكامل إلى أيونات هيدروجين  
وأيونات أخرى. وتبيّن قوّة الحامض كم من أيونات الهيدروجين  
المتخلّطة هذه تتواجد في المحلول. يمكن تخفيف الحموض القويّة  
بالماء، فتقل نسبة تركيز أيونات الهيدروجين في المحلول،  
وتتخفّف حمضيّته (يزيد أسه الهيدروجيني هـ).



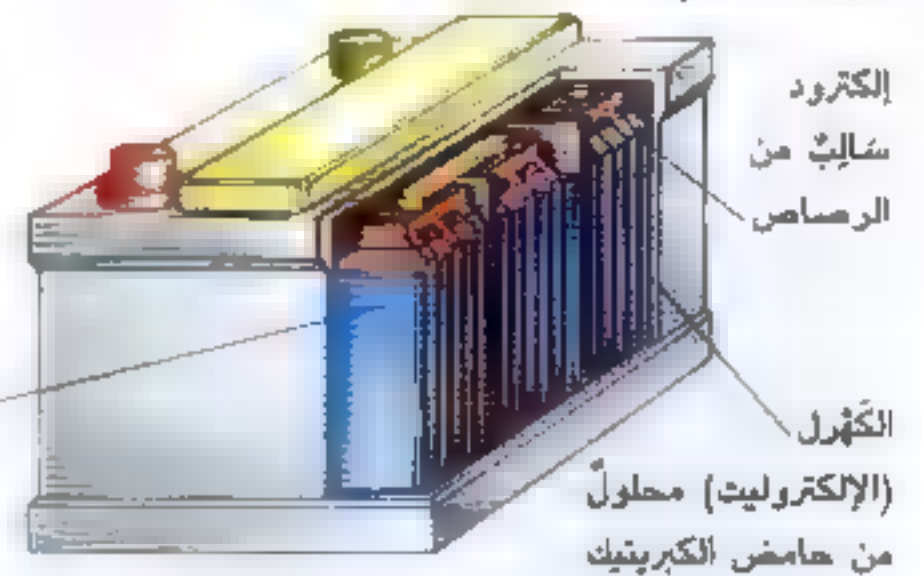
حامض ضعيف مُخفّف



حامض ضعيف مُركّز

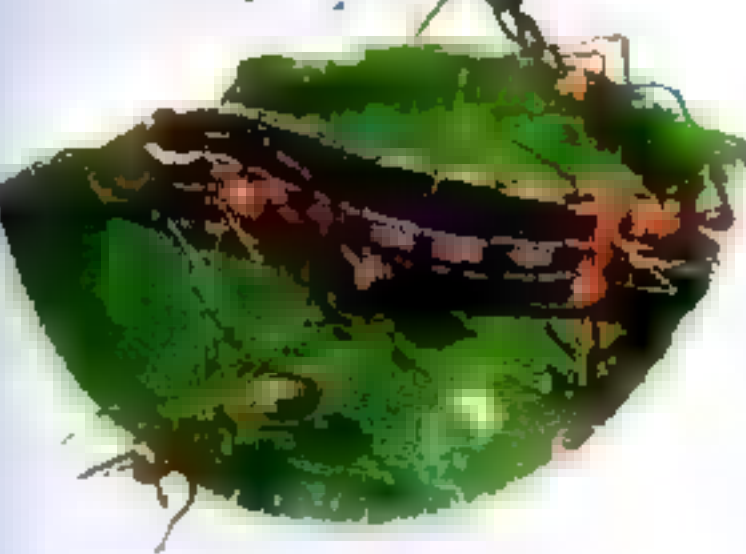
## حموض قويّة (هـ س خفيض)

الحموض المستخدمة في المختبر،  
كحامض الكبريتيك، حوامض قويّة ذات  
أس هيدروجيني (هـ) خفيض. وحمض  
الهيدروكلوريك في معدنا هو حامض  
قويّ يساعّد في هضم الطعام.



## الحوامض الضعيفة

بعض الحوامض ضعيف، كحامض الليمون الموجود في  
الليمون والبرتقال. فعندما تذاب هذه في الماء، يتفكك عدد  
قليل جداً من جزيئاتها ليكوّن أيونات الهيدروجين. يمكنك  
تركيز محاليل الحوامض الضعيفة بإزالة الماء منها، كما  
يمكنك تخفيفها بإضافة الماء إليها. إن محلولاً مُركّزاً جداً  
لحامض ضعيف قد يكون له الأس الهيدروجيني (هـ) ذاته  
لحامض قويّ مُخفّف جداً.



## حامض التمليك

حامض الميثانويك أو حامض التمليك، يُنتجه التمل الفارص  
ونبات القريض طبعاً. فديماً كان حامض التمليك  
يُخسر بإغلاء النمل في قدر كبيرة؛ أما اليوم، فيمكن  
تحضيره من كيماويات أخرى. ويُستخدم هذا الحامض  
لحفظ العلف الأخضر في أهراته وفي صناعة الورق والنيج.

الكتود  
موجب من  
أكسيد  
الرصاص

## المركّم الحمضي الرصاصي

الحوامض القويّة إلكترونيات (كهارل أو سائل  
موصلة للكهرباء) جيّدة - وذلك لأنها تتفكك في  
الماء بالكامل إلى أيونات هيدروجين موجبة  
وأيونات أخرى سالبة. وهذه الأيونات ذات  
الشحنات الكهربائية يمكنها نقل التيار الكهربائي.  
في المراكم الحمضية الرصاصية المستخدمة في  
السيارات يستعمل حامض الكبريتيك كإلكتروليت،  
وتعمل الصفائح الرصاصية كإلكترودات. هذه  
المراكم (أو البطاريات) تنتج الطاقة لبدء  
تشغيل محرك السيارة.



يتحوّل المحار إذا  
هبط هـ الماء دون  
٦.٥  
يتحوّل السمك الغرّور  
إذا هبط هـ الماء  
دون ٤.٥  
يتحوّل الضفدع  
إذا هبط هـ  
الماء دون ٤.

## الماء الحامضي

تتلوّث البحيرات والأنهار بالأمطار  
الحامضية، فتزداد حمضية المياه أي ينخفض  
أسها الهيدروجيني (هـ) وتصبح ضارّة  
بالأسماك والأحياء المائية عموماً. بعض  
الحيوانات أكثر حساسية لتغيرات الأس  
الهيدروجيني هـ من سواها. فالمحار،  
مثلاً، لا يستطيع العيش في مياه أسها  
الهيدروجيني دون الـ ٦، في حين أن ضفادع  
الجراج تستطيع العيش في مياه أسها  
الهيدروجيني إنخفض إلى الـ ٤.



## إصفراء أوراق الكتّاب

أوراق الكتّاب الجديدة ناصعة البياض، بينما تحول أوراق الكتّاب العتيقة إلى الصفرة. السبب هو أن الورق يحتوي كميات ضئيلة من الحمض، وهذه على مدى السنين تتفاعل ببطء شديد مع ألياف السيلولوز فتعطيها، ويحول لون الورق من البياض إلى الصفرة. إن ضوء الشمس يسرع هذا التفاعل، وقد يميل لون الورق إلى البني ونصبغ نصفاً سريع التفتت.

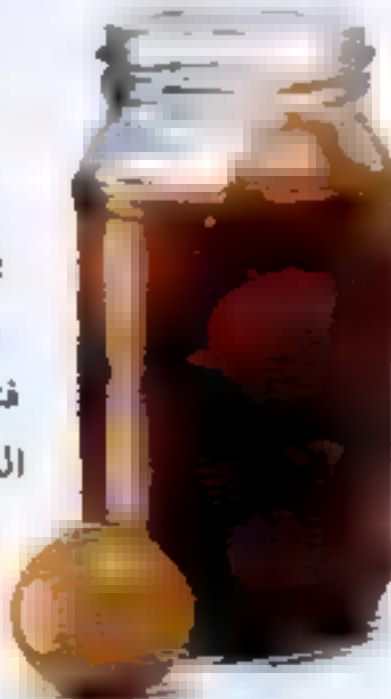
## الحامض مع الكربونات

إذا أضفت حملاً (حامض الخليك) إلى كمية من بيكربونات الصودا في قارورة ذات سدّاد فلبني، يحصل على الفور تفاعل أز يُفكّك فيه الحامض البيكربونات وينطلق غاز ثاني أكسيد الكربون. وبتزايد كمية الغاز المتجمّع في القارورة يرتفع ضغطه فيقذف بالسدّاد الفليني بقوة وفرقة. إن تفاعل الحوامض مع الكربونات (وانطلاق ثاني أكسيد الكربون) هو من خواص الحوامض المميّزة. ويُستفاد من هذا التفاعل في المطبخ. فمسحوق الخبيز هو مزيج من زبدة الطرطير (ملح مؤلّد لحامض الطرطير) وبيكربونات الصودا. وهذان في الماء يُنتجان ثاني أكسيد الكربون الذي يُنفخ المُعجّنات.

## التخليل

الحوامض مُهلكة للكائنات الحيّة، لذا يمكن استخدامها حوافظ قاتلة للبكتيريا. فنحن نحفظ العديد من المأكولات كالبصل والشمندر واللفت وغيرها في الخل (حامض الخليك)، ويعرف هذا بالتخليل.

والحوامض بقتله كافة الكائنات الحيّة المجهريّة في محلول التخليل يحفظ الأطعمة من الفساد. وقد استُخدم التخليل على نطاقات أوسع قبل اختراع أجهزة التبريد.



ينطلق السدّاد الفليني من القارورة مدفوعاً بغاز ثاني أكسيد الكربون الناتج من تفاعل الخل مع بيكربونات الصودا.



ملح خلات الصوديوم يبقى في القارورة

## الرّمز التحذيري

الحوامض تبدو غالباً عديمة اللون كالماء، لكنها أكالة تُسبب حروقاً مبرحة. لذا تحمّل الأوعية المستخدمة في نقل الحموض رمزاً يُعرّف بها ويُحذّر من خطورتها. وهكذا يتعرّف فريق المطافئ طبيعة الحامض وسبيل التعامل مع ما يراق منه.



## الحوامض في المطر

ماء المطر كان دوماً قليل الحمضية، لأن ثاني أكسيد الكربون في الهواء يذوب فيه مُكوّناً حامض الكربونيك. غير أن حمضية المطر ازدادت كثيراً منذ أصبح مُعظم العالم مُصنّعاً. فاحتراق الوقود الأحفوريّ كالنفط يُطلق ثاني أكسيد الكبريت وأكاسيد النتروجين في الهواء، وهذه تتفاعل مع الماء في السحب مُكوّنة حامض الكربونيك وحامض النتريك. والمطر الحمضيّ يهْدَد الكثير من المباني، وبخاصّة المُشاد منها بالحجارة الجيريّة التي تتألف من كربونات الكالسيوم. وهذه تتفكّك بالحوامض بسهولة لتنتج ثاني أكسيد الكربون.



## فعل الحامض في الورق

حامض الكبريتيك المُركّز حمضٌ أكالٌ جداً، وهو عامل إنكاز شديد الفاعليّة ينزع الماء حتّى من المُركّبات التي تحويه. فالورق يتألف من السيلولوز، المادة النباتيّة المُركّبة من الكربون والهيدروجين والأكسجين. فعندما يتفاعل حامض الكبريتيك مع الورق، ينزع منه الماء (أي الهيدروجين والأكسجين)، تاركاً الكربون الأسود. وهكذا يبدو الورق كأنه حرق.

ينطلق غاز الهيدروجين شبيهاً بفقف.

أضيف الخل إلى بيكربونات الصودا

حامض الهيدروكلوريك

لغاية الفارصين

فعل الحامض في الفلزّات

لا أحد يخرّن الخل في وعاء فلزيّ، لأن الخل يتفاعل حينئذ مع الوعاء ببطء مُصدراً نشيئاً من غاز الهيدروجين. فالهيدروجين الذي هو من مُكوّنات الحوامض جميعها يُطرّد منها عند التقاء حامض مع فلزّ نشيط. فعندما يُضَبّ حامض الهيدروكلوريك، مثلاً، على الفارصين (كما أعلاه)، تترّ فقايق الهيدروجين متطرفة بنشيش بين، لأن الفارصين يحوّل مُخلّ الهيدروجين في الحامض مُكوّناً كلوريد الفارصين.

## اكتشافات الحوامض

القرن الحادي عشر. تعرّف الكيميائيون العرب طرق تحضير حموض الكبريتيك والنتريك والهيدروكلوريك.

١٦٧٥ إرناي الكيميائيّ الإيرلندي، روبرت بويل، خطأ أن الحوامض تحوي جسيمات خاصّة تندس في فجوات الفلزّات وتُفسّسها.

١٨٥٤ تبيّن كتابات الكيميائي الفرنسي أوغست لورنت، معرفته أن الحوامض كلّها تحوي الهيدروجين.

١٨٨٧ الكيميائيّ السويدي، سفايت أريئوس، يقول بأن جميع الحوامض تحوي أيونات الهيدروجين، وهذه الأيونات هي التي تُكسب الحوامض خصائصها المميّزة.

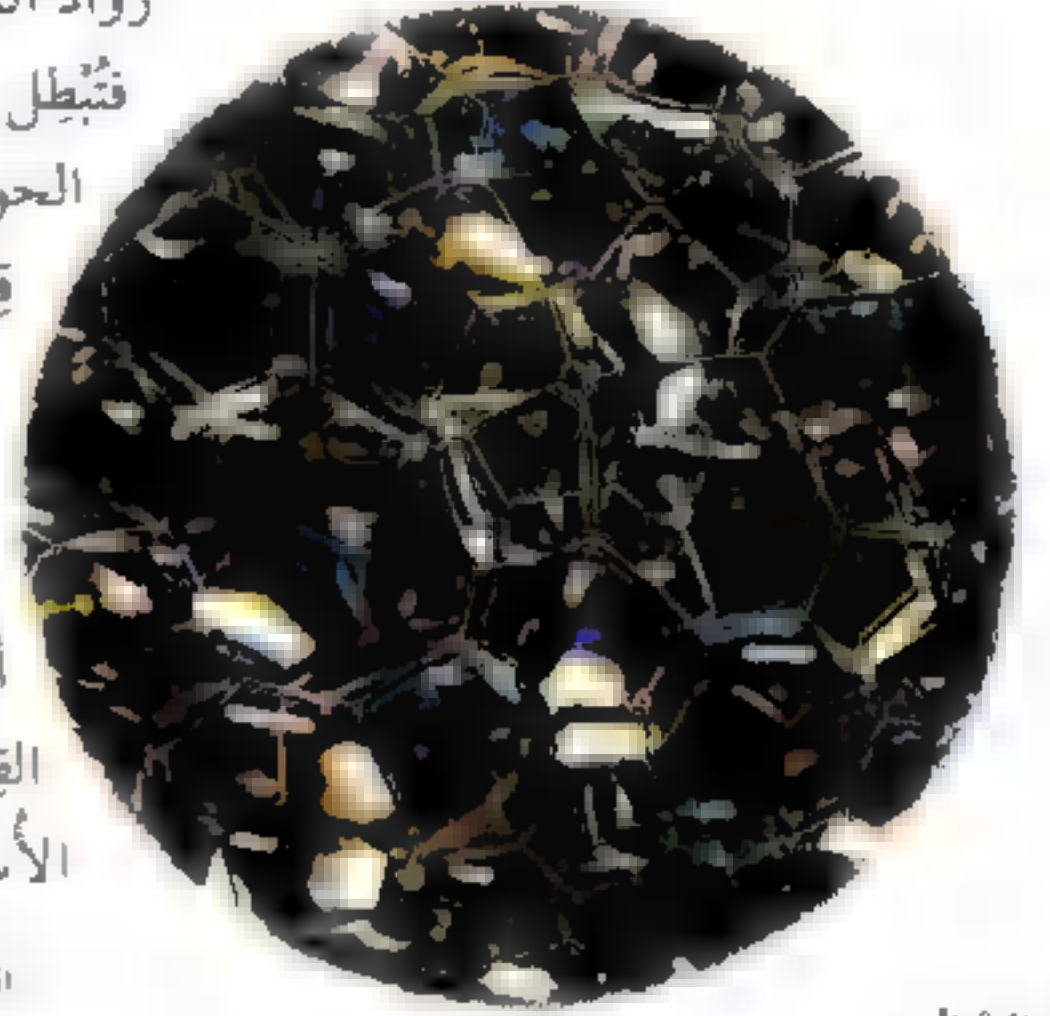
## لمزيد من المعلومات انظر

- الترايط الكيميائي ص ٢٨
- الهيدروجين ص ٤٧
- المحاليل ص ٦٠
- الفلزيّات والقواعد ص ٧٠
- قياس الحمضية ص ٧٢
- الأملاح ص ٧٣
- حامض الكبريتيك ص ٨٩
- الخلايا والبطاريات ص ١٥٠



# القلويات والقواعد

رُؤَادُ المُرُوجِ عندما تَلَسَّعَهُمْ نَبْتَةُ القُرَيْصِ، يُسْرِعُونَ إلى مَسَحِ اللِّسْعَةِ بِعُشْبَةِ العِرْقِ المُسْهِلِ، فَتُبْطِلُ بِمَا فِيهَا مِنْ قَاعِدَةٍ طَبِيعِيَّةٍ مَفْعُولُ الحَامِضِ فِي لَسْعَةِ القُرَيْصِ. فَالقَوَاعِدُ تُبْطِلُ مَفْعُولَ الحَوَامِضِ، لِأَنَّ القَاعِدِيَّةَ تَعَادِلُ الحُمُوضَةَ كِيمَاوِيًّا. والقَوَاعِدُ الذَّوَابَةُ فِي المَاءِ تُسَمَّى قَلَوِيَّاتٍ، وَكِلَا النُّوعَيْنِ (القَوَاعِدُ وَالْقَلَوِيَّاتُ) مُتَوَاجِدٌ حَوَالِينَا فِي مُنْظَفَاتِ الأَفْرَانِ وَمَوَادِّ التَّلْمِيعِ وَمَسَاحِيقِ التَّخْمِيرِ وَأَقْرَاصِ عُسْرِ الهَضْمِ وَفِي اللَّعَابِ وَالتَّطْبَاشِيرِ. بَعْضُ القَلَوِيَّاتِ كَالْوَسْطِ وَخَطِرٌ جَدًّا، كَمَا الحَوَامِضُ، يُسَبِّبُ تَرَشَّاشَهُ عَلَى الجِلْدِ خُرُوقًا شَدِيدًا. وَالْقَلَوِيَّاتُ تَكُونُ فِي المَاءِ أَيُونَاتِ الهَيْدُرُوكْسِيدِ (أه-)، الَّتِي تَتَفَاعَلُ مَعَ أَيُونَاتِ الهَيْدُرُوجِينِ (ه+) فِي الحَوَامِضِ فَتُبْطِلُ (أَوْ تَعَادِلُ) حَمَاضِيَّتَهَا. وَتُقَاسُ قُوَّةُ القَلِيِّ بَعْدَ أَيُونَاتِ الهَيْدُرُوكْسِيدِ الَّتِي يُحْدِثُهَا القَلِيُّ فِي المَاءِ، وَتُقَاسُ هَذِهِ عَلَى سُلَّمِ الأَسْ الهَيْدُرُوجِينِيِّ (ه+).



## الصَّابُون

الْقَلَوِيَّاتُ صَابُونِيَّةُ العِلْمِ عندما تَدْلُكُ بَيْنَ الأصَابِعِ. وَذَلِكَ لِأَنَّهَا تَتَفَاعَلُ مَعَ زَيْتِ الجِلْدِ وَتَسْرِعُ بِإِذَابَتِهَا. يُصَنِّعُ الصَّابُونُ بِإِغْلَاةِ الدَّهْنِ الحَيَوَانِيِّ أَوْ الزَّيْتِ النَّبَاتِيِّ مَعَ قَلِيٍّ قَوِيٍّ كَهَيْدُرُوكْسِيدِ الصُّوْدِيُومِ (ص أ هـ).

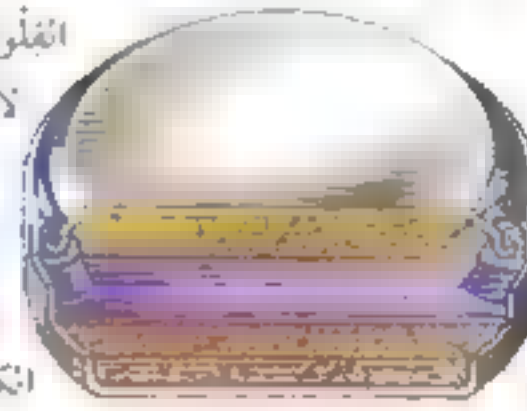
## الْقَلَوِيَّاتُ مِنَ الرَّمَادِ

الْقُرَيْشِيُّونَ أَخَذُوا كَلِمَةَ «قَالِي» مِنَ الْعَرَبِيَّةِ بِمَعْنَى رَمَادٍ يُتَّخَذُ مِنْ بَعْضِ النَّبَاتَاتِ. وَكَانَتِ الْقَلَوِيَّاتُ تُصَنِّعُ فِيهَا مَضَى بِحُرُوفِ الحَطَبِ وَالنَّبَاتَاتِ الْآخَرَى - فَتُخَضَّرُ كَرَبُونَاتِ الصُّوْدِيُومِ مِنْ خُرْقِ النَّبَاتَاتِ الْبَحْرِيَّةِ، وَكَرَبُونَاتِ الْبُونَتَايُومِ

بِمِثْلِ هَذَا النَّوعِ مِنْ مِنْ حُرْقِ النَّبَاتَاتِ الْبَحْرِيَّةِ. أَقَامَ الْيَوْمَ فَتُصَنِّعُ الْقَلَوِيَّاتُ الْإِلِكْتَرُونِيَّةُ نَحْدَهُ فِي السَّاعَاتِ وَالْحَاسِبَاتِ الْإِلِكْتَرُونِيَّةِ.

## المُؤَصِّلَاتُ الْقَلَوِيَّةُ

الْقَلَوِيَّاتُ مُؤَصِّلَاتٌ جَيِّدَةٌ لِلْكَهْرَبَاءِ لِأَنَّهَا تَتَفَكَّكُ فِي المَاءِ لِتَكُونِ الْأَيُونَاتِ. وَتُسْتَخْدَمُ الْقَلِيُّ القَوِيُّ هَيْدُرُوكْسِيدُ الْبُونَتَايُومِ فِي الْبِقَارَةِ الْقَلَوِيَّةِ لِتُؤَصِّلَ الْكَهْرَبَاءَ بَيْنَ الْإِلِكْتَرُونِيِّينَ.



الِكْتَرُونِيَّةُ سَالَتْ مِنْ الْخَارِصِينَ

الِكْتَرُولَيْتِ مِنْ هَيْدُرُوكْسِيدِ الْبُونَتَايُومِ

الِكْتَرُونِ مُوجِبَتْ مِنْ أَكْسِيدِ الزُّنْبُقِ



## الْقَلَوِيَّاتُ فِي الْفَضَاءِ

اِسْتُخْدِمَ رُؤَادُ الْفَضَاءِ فِي بَعَثَاتِ أُولُو الْفَضَائِيَّةِ قَلِيًّا هُوَ هَيْدُرُوكْسِيدُ الْمَنِيُومِ لِمُعَادَلَةِ مُسْتَوِيَّاتِ ثَانِي أَكْسِيدِ الْكَرْبُونِ الْخَطِرَةِ الَّتِي كَانُوا يَزِفِرُونَهَا. وَتُسْتَخْدَمُ هَذَا النَّوعُ مِنَ التَّعَادُلِ أَيْضًا لِإِزَالَةِ ثَانِي أَكْسِيدِ الْكَرْبُونِ فِي الْمِيَانِي الْمَكْنُفَةِ.

مَنْفَعِلُ مَعَالِجَةِ الْخَبَرِ الْجَبَرِيَّ

## الْقَلَوِيَّاتُ مَعَ الْقَلِزَاتِ

عِنْدَ صَبِّ مَحْلُولِ هَيْدُرُوكْسِيدِ الصُّوْدِيُومِ عَلَى قِطْعٍ مِنْ فِلِزٍّ الْمَغْنِيسِيُومِ، يُحْدِثُ الْهَيْدُرُوجِينُ، الْمَشْكُونُ مِنَ التَّفَاعُلِ أَرِيضًا شَدِيدًا، وَيَفِي هَيْدُرُوكْسِيدِ الْمَغْنِيسِيُومِ فِي الْقَارُورَةِ. وَهَذَا الْمَرْكَبُ هُوَ قَوَامٌ لِنِ الْمَغْنِيسِيَا، الَّذِي يَتَنَاوَلُهُ النَّاسُ لِمُعَالِجَةِ عُسْرِ الْهَضْمِ - إِذْ يُعَادِلُ الْحَامِضَ الزَّائِدَ فِي الْعِجْدَةِ.



يَتَفَاعَلُ هَيْدُرُوكْسِيدُ الصُّوْدِيُومِ مَعَ قِطْعِ الْمَغْنِيسِيُومِ.

## كَرَبُونَاتُ الْكَالْسِيُومِ

الْأَضْدَافُ الْبَحْرِيَّةُ وَالْمَرْجَانُ وَالتَّطْبَاشِيرُ وَالْحَجَرُ الْجَبَرِيَّ (الْكَلْسِي) وَالرَّخَامُ كُلُّهَا تَتَأَلَّفُ مِنْ كَرَبُونَاتِ الْكَالْسِيُومِ. وَهَذَا الْمَرْكَبُ بِأَلْبَغِ الْأَهَمِّيَّةِ فِي الصَّنَاعَاتِ الْكِيمَاوِيَّةِ لِتَصْنِيعِ الْأَسْمَدَةِ وَالرُّجَاجِ وَالْإِسْمُنْتِ وَالْفُولَادِ؛ كَمَا يُخَضَّرُ بِإِحْمَائِهِ أَكْسِيدُ الْكَالْسِيُومِ (الْجَبَرِ الْحَقِي). وَبِإِضَافَةِ المَاءِ إِلَى أَكْسِيدِ الْكَالْسِيُومِ يَتَجَّ هَيْدُرُوكْسِيدُ الْكَالْسِيُومِ (الْجَبَرِ الْمُطْلَقًا) الَّذِي يُسْتَخْدَمُ لِمُعَادَلَةِ الحَوَامِضِ فِي مَوَارِدِ الْمِيَاهِ. كَذَلِكَ يُعْرَجُ هَيْدُرُوكْسِيدُ الْكَالْسِيُومِ مَعَ الرَّمْلِ وَالْمَاءِ لِصُنْعِ الْمَلَاطِ.





النَّحْفُ الْقَلْوِيُّ من سُلَم  
الأس الهيدروجيني (٣-٥)

كلما ازداد عدد أيونات الهيدروكسيد في محلول قلوي، تزداد قوته ويرتفع  
أس الهيدروجيني (٣-٥). وهذا الأس أكثر من ٧ لجميع القلويات.

٧ (مُتعاوِل)

٨

٩

١٠

١١

١٢

تُستخدَم القلويات للتخلُّص من الدهون والشَّحم.

تُستخدَم القلويات لإِجْلُو النُّحاس الأصفر.

أيون مُوجب

أيون الهيدروكسيد السَّالب

أيون مُوجب

أيون الهيدروكسيد السَّالب

في القلوي القوي، ينفصل الكثير من أيونات الهيدروكسيد عن الأيونات الموجبة.

في القلوي الضعيف، ينفصل عدد قليل من أيونات الهيدروكسيد عن الأيونات الموجبة.

القلويات القوية

بعض القلويات، كهيدروكسيد الصوديوم والبوتاسيوم قوية لأن جميع جزيئاتها تتفكك إلى أيونات عند ذوبانها في الماء؛ وهكذا فهي تحتوي الكثير من أيونات الهيدروكسيد، وأسها الهيدروجيني (٣-٥) عالي. مُنظفات الأفران، مثلاً، تحتوي قلويًا قويًا أحيانًا هو هيدروكسيد الصوديوم الذي يتفاعل مع الترسبات الدهنية المحروقة المتكوِّنة على جدران الفرن، خلال عملية الطبخ فيزِيلها.

### القلويات الضعيفة

بعض القلويات، كهيدروكسيد الأمونيوم وبيكربونات الصودا، ضعيفة لأن القليل من جزيئاتها فقط يتفكك إلى أيونات في محلولها العائلي. لذا فهي تحتوي قليلًا من أيونات الهيدروكسيد، وأسها الهيدروجيني (٣-٥) خفيض. مُنظف النحاس الأصفر محلول قلوي ضعيف، وهو يعمل بخل طبقة الأكسيد التي تغطي سطح النحاس عندما يترك مُعرَّضًا للهواء.

### إضافة الكلس إلى الحقول والبحيرات

تزداد حموضة التربة والبحيرات بالمطر الحمضي. وهذه الحموضة الزائدة تُزِيل بعض المُغذِّيات الأساسية من التربة؛ لذا يلجأ المزارعون إلى مسحوق الكلس (هيدروكسيد الكالسيوم) يثرونه في حقولهم. فالكلس قاعدة قوية تُبطل فعل الحموضة في التربة؛ كذلك تُخفِّض حمضية مياه البحيرات بإضافة الكلس إليها. إن إضافة الكلس تُدبِّر يُخفِّض الضرر الناتج عن المطر الحمضي في الحقول والبحيرات، نكتة لا يُعالج مُشكلات التلوث



مزارع يُعالج حقله بالكلس.



لشعة الشمس مؤلثة لأنها تحتوي حامضًا. ويمكن إبطلان مُفعولها بواسطة قلوي كالصابون.



مُظَلَّر مُكَبَّر  
لحمة نحلة

### التعادل

يحدث تعادل في كل مرة يتفاعل فيها حامض مع قاعدة ليُكوِّن الماء مع مُركَّب آخر يُسمَّى ملحًا. ويُستفاد من هذا التفاعل في معالجة بعض لُسعات الحيوان والنبات. فإذا لُسعت زُنْبُور يُمكنك إبطلان فعل اللُسعة القلوية بواسطة حامض كعصير الليمون أو الخل. أمَّا إذا لُسعتك نَحْلَةٌ أو نملة، فيمكنك إبطلان فعل اللُسعة الحامضية بواسطة قلوي كبيكربونات الصودا. أمَّا لُسعة الفُرَيْس الحامضية فيمكن مُعالجتها بالذَّلك بورق عُشبية العَرَق المُسهل القلوية.

### القلويات في وبأ الطاعون

في القرن السابع عشر اجتاحت مرض الطاعون مدينة لندن في إنكلترا فقتل قرابة ٨٠٠٠٠ نسمة عام ١٦٦٥. وكانت الجثث تُدفن في مقابر جماعية وتُغطى بالكلس (الجير الحي)، وهو قلوي قوي، لِتُسريع انحلالها.



### مطفأة الحريق

تعمل بعض مِطْفَآت الحريق باستخدام تفاعل التعادل بين حامض وقاعدة. فهي تحوي حمض الكبريتيك وبيكربونات الصودا اللذين يمتزجان ويتفاعلان عندما تُقَلَّب المِطْفَأة رأسًا على عقب لِتُنتج الماء وغاز ثاني أكسيد الكربون. ويدفع ضغط الغاز رُغَاوة سائلة وفقايع ثاني أكسيد الكربون من بَنت المِطْفَأة.



التفاعل الأتار للحامض مع القلوي يدفع الرغوة عبر البنت لإطفاء الحريق.

### لمزيد من المعلومات أنظر

- الترابط الكيميائي ص ٢٨
- المحاليل ص ٦٠
- الحوامض ص ٦٨
- قياس الحمضية ص ٧٢
- الأملاح ص ٧٣
- صناعة القلويات ص ٩٤



# قياس الحمضية

هل لاحظت التغير الخفيف في لون الشاي عند إضافة قطعة ليمون إليه؟ فالشاي في هذه الحالة يعمل ككاشف كيميائي مبيّن أن الليمون قد زاد الحمضية. وتستخدم بعض الكيماويات الملونة بالطريقة نفسها لتمييز المحلول الحمضي من القلوي. ويدعى المقياس النسبي لحمضية المحلول أو قلويته  $pH$  (اختصاراً للأس أو الرقم الهيدروجيني)، وهو مُدرّج سلمياً من ١ إلى ١٤، تبعاً لعدد أيونات الهيدروجين في المحلول. فإذا كان  $pH = ١$ ، فالمحلول يحوي الكثير جداً من أيونات الهيدروجين، وهو حمض قوي. وإذا كان  $pH = ١٤$ ، فالمحلول يحوي القليل جداً من أيونات الهيدروجين، وهو قلوي قوي. أمّا المحاليل المتعادلة فالأس الهيدروجيني لها  $pH = ٧$ .



## الكواشف

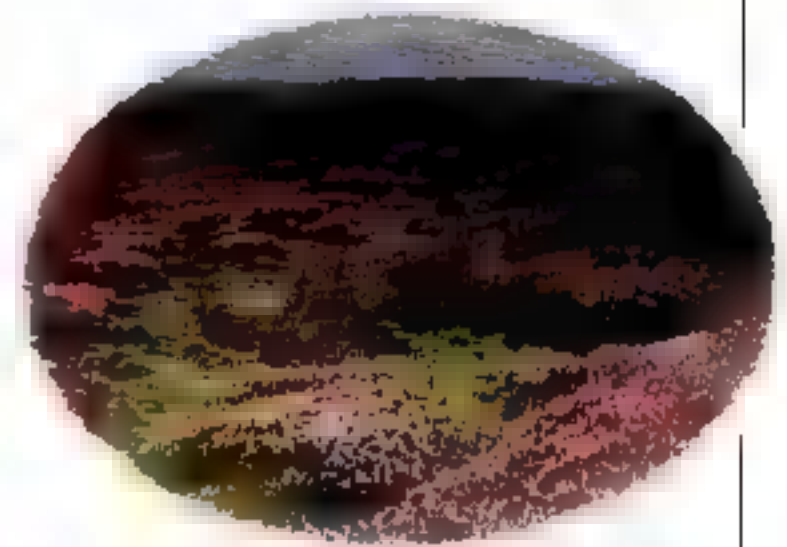
هناك العديد من الكواشف التي تُبين حمضية المحلول أو قلويته. ولعل أجداها عملياً مزيج من الأصباغ يُعرف بالكاشف العام، يتغير لونه على مدى سلم الأس الهيدروجيني كله من الأحمر  $pH = ١$  (للحامض القوي جداً) إلى الأزرق  $pH = ١٤$  (للقلوي القوي جداً). ويمكن استخدام الأصباغ المستخرجة من الفواكه والخضار، كالاجاص والبصل والملفوف الاحمر، ككواشف لأن ألوانها تتغير بتغير  $pH$ .

فصير الملفوف الاحمر، مثلاً، يتغير من الاحمر في حامض قوي، مروراً بالقرنفلي فالأرجواني فالأزرق ثم الأخضر في قلوي قوي.

يجب مُدابة تحاليل الغذسات اللاصقة والتفكير كلاً يتغير الأس الهيدروجيني لسوائل الجسم.

## العوامل الدائرة

أحياناً، لا نريد تغير  $pH$  للمحلول، ففي الجسم، مثلاً، نحصل مُعظم التفاعلات ضمن مدى ضيق للأس الهيدروجيني. إن تغيراً بمقدار ٠.٥ في  $pH$  الدم قد يؤدي إلى الموت. ولمنع ذلك يُنتج الجسم مواد دارة تعادل أيّ تغيرات حمضية أو قلوية ليظل  $pH$  الدم ثابتاً. وللسبب نفسه، يجب أن تُدرأ الحُفْن الوريديّة بعناية بالغة.



## حموضة التربة

الأس الهيدروجيني ( $pH$ ) للتربة مهم للمزارعين فبعض النباتات تنمو فقط في مدى مُعيّن منه. فالمناطق الكلسية ذات تربة قلوية عادة ( $pH$  من ٧ إلى ٧.٥). أمّا المناطق الرملية والصلصالية الشبحة والخثية فهي عادة ذات تربة حمضية ( $pH$  من ٦.٥ إلى ٧). نبات الخللج مثلاً، يالّف التربة الحمضية، لذا نجدّه يغطي الأراضي البرية الشبحة غالباً.

زهود الأظنسية زهور الأظنسية في حمراء في التربة القلوية. التربة الخضيرة زرقاء.

الفينولفثالين قرنفلي غامق فوق  $pH = ٩.٥$

الفينولفثالين عديم اللون تحت  $pH = ٨.٥$

## الكواشف المختبرية

يستخدم العلماء غالباً كواشف مختبرية خاصة حساسة لمساعدتهم في التحديد الدقيق للكمية الأدنى من الحامض التي تضاف إلى القلي لتعادلة تماماً. ونذكر من هذه الكواشف اثنين هما

برثقال الميل والفينولفثالين اللذان يغيران لونهما عند قيم بالغة الدقة للأس الهيدروجيني.



برثقال الميثيل احمر تحت  $pH = ٣$



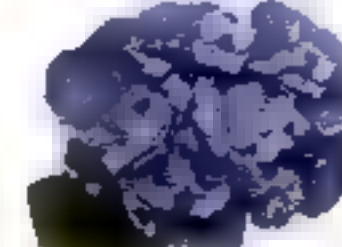
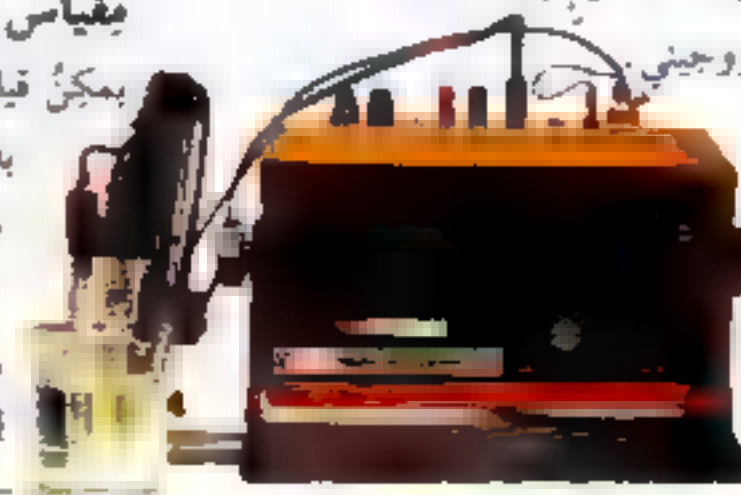
برثقال الميثيل اصفر فوق  $pH = ٨$



برثقال الميثيل بين  $pH = ٤$  و  $٨$ .

## مقياس الأس الهيدروجيني

يمكن قياس الأس الهيدروجيني لمحلول ما بدقة بمقياس  $pH$ . ويستخدم هذا الجهاز إلكتروناً لقياس تركيز أيونات الهيدروجين في المحلول، ويعرض قيم  $pH$  للمحلول رقمياً، أو بواسطة إبرة على مقياس مُدرّج.



## الكواشف الطبيعية

بعض النباتات هي كواشف طبيعية؛ فلون زهر الأظنسية تحدّد حمضية التربة أو قلويتها. وصيغ عبّاد الشمس كاشف معروف نحصل عليه من نبات أشنة الصباغين. لون عبّاد الشمس احمر في الحوامض وأزرق في القلويات.

القلويات تُحول لون ورق عبّاد الشمس إلى الزرقاء. الحوامض تُحول لون ورق عبّاد الشمس إلى الاحمر.



## لمزيد من المعلومات انظر

- التراكيب الكيماوي ص ٢٨
- الهيدروجين ص ٤٧
- التفاعلات العكوسة ص ٥٤
- المحاليل ص ٦٠
- التحليل الكيماوي ص ٦٢
- الحوامض ص ٦٨
- القلويات والقواعد ص ٧٠



# الأملاح

يتألف ملح الطعام من  
أيونات الصوديوم  
(ص<sup>+</sup>) وأيونات  
الكلوريد (كل<sup>-</sup>).



## أملاح الجسم

لغلك تذوّقت طعم الملوحة في عرقك مرّات عديدة؟ فانت كلّما تمرّق تقيّد بعض الملح من جسمك. والملح مادة حيوية لقيام الجسم بوظائفه على الوجه الصحيح؛ وفقدانه منه قد يؤدي إلى النجفاف فالإنهيار. لذا ينصح الأطباء المسافرين إلى بلاد حارة بأخذ أقراص ملحية تعوض ما يفقدونه من الأملاح بالشرق.



## الأعصاب

تنتقل الرسائل في جسمك كإشارات أو دفقات كهربائية على طول الألياف العصبية. وتعتبر هذه الإشارات الفجوة بين ليفتين بواسطة أيونات البوتاسيوم والصوديوم المتواجدة في سائل الخلايا. هذه الأيونات الحيوية مضطربة الأملاح التي تتناولها في طعامك.

بلورات  
كبريتات  
النحاس  
الزرقاء

تبدأ بلورات كبريتات النحاس الدقيقة  
بالظهور مع تبخر ماء المحلول بالحرارة.

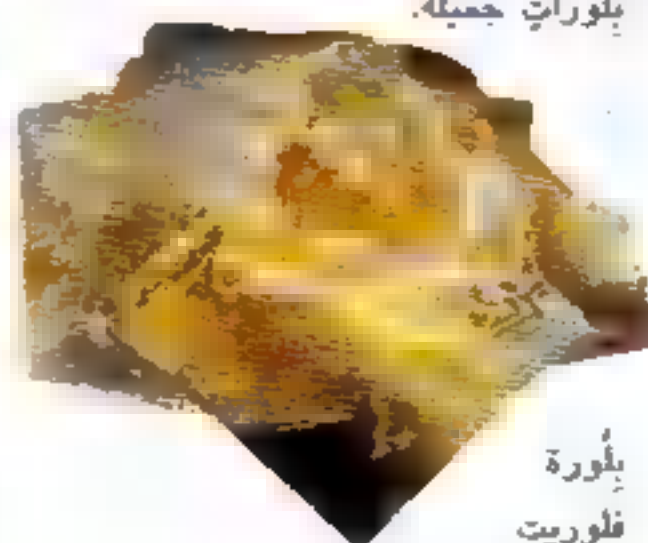


حاروق  
بئزن

للحرارة  
المتولدة من  
حاروق بئزن  
تبخّر الماء من المحلول  
تاركّة الملح في البوتقة.

## الأملاح الطبيعية

يتألف معظم المعادن والخامات من الأملاح؛ فمنها مثلاً، الحجر الجيري (كربونات الكالسيوم) والجبس (كبريتات الكالسيوم) والفلوريت (فلوريد الكالسيوم). وتشكّل جميع الأملاح بلورات جميلة إذا ما توافرت لها ظروف النمو المواتية.



بلورة  
فلوريت

## الأيونات

تتألف الأملاح جميعها من أيونات. وهذا ما يجعلها ذوّابة في الماء ويجعل محاليلها موصّلات جيّدة للكهرباء. والأملاح عادة ذات نقطتي انصهار وغيان عاليتين لأن روابطها الأيونية قويّة.

حامض الكبريتيك  
المخفف



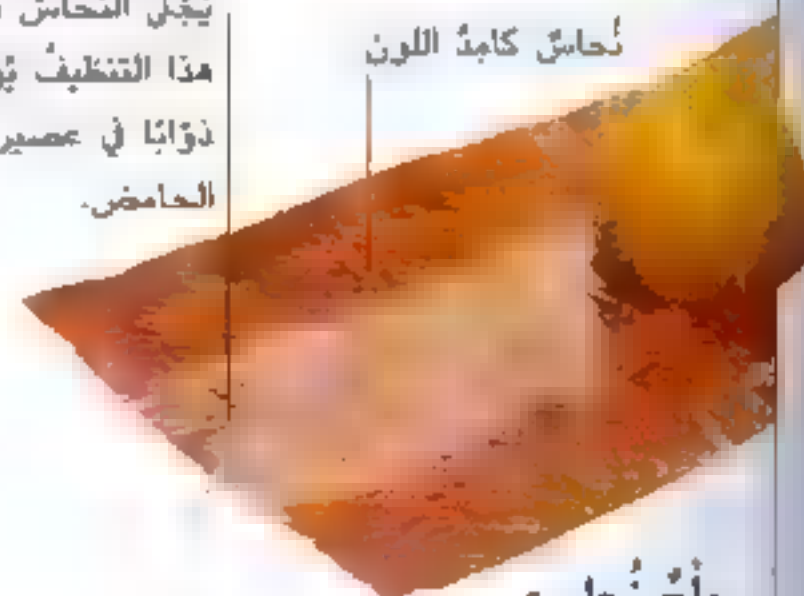
يشّج محلول أزرق من  
كبريتات النحاس، عندما  
يتفاعل الحامض مع أكسيد  
النحاس الأسود.

## كيف تُحضّر ملحاً

تُحضّر الأملاح بتفاعل حامض مع قاعدة لتكوين ملح وماء. فإذا أحضرت مزيج من أكسيد النحاس الأسود (قاعدة) مع حامض الكبريتيك المخفف، يشّج محلول أزرق. في هذا التفاعل تعادل القاعدة الحامض ويشّج ملح ذوّاب هو كبريتات النحاس. وعند تبخير المحلول بالتسخين تحصل على بلورات كبريتات النحاس الزرقاء.

يُجلّ النحاس بليمونة.  
هذا التنظيف يُؤلّد ملحاً  
ذوّاباً في عصير الليمون  
الحامض.

نحاس كامل اللون



## ملح نحاسي

يتفاعل النحاس بسهولة مع أكسجين الهواء، فيكمدّ لونه بطبقة رقيقة من أكسيد النحاس ثقيله بريقه. عند خلط النحاس المكمد بعصير الليمون الحامض (حامض الستريك) يتفاعل الحامض مع أكسيد النحاس (قاعدة) ليكون ملحاً ذوّاباً (سترات النحاس) وماء. وبذوبان هذا الملح في الماء، يعود النحاس نظيفاً وبراقاً.

## لمزيد من المعلومات انظر

- الترابط الكيميائي ص ٢٨
- البلورات ص ٣٠
- المركّبات والمزيجات ص ٥٨
- المحاليل ص ٦٠
- الحوامض ص ٦٨
- القلويات والقواعد ص ٧٠



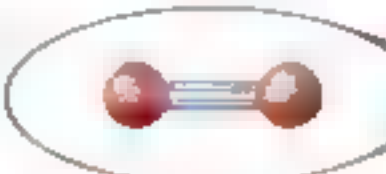
# كيمياء الهواء

يحتوي الهواء عدّة  
غازات مختلفة  
عديمة  
اللون.

الهواء الحيوي اللامرئي الذي يحيط بنا على الدوام هو مزيج من غازات مختلفة يؤلف النتروجين والأكسجين ٩٩٪ منها. ويُسهم الإنسان باستمرار عن طريق التنفس والأنشطة الصناعية المختلفة في تغيير تركيب الهواء؛ وتعادل النباتات بعض هذه التغيرات في عملية التخليق الضوئي. يشكّل هواء الجو درعاً واقية تُرشح ضوء الشمس من الأشعة فوق البنفسجية المؤذية، وتسمح بمرور الأشعة المرئية والأشعة دون الحمراء التي نعتد عليها كمصدر للضوء والحرارة؛ كما يعمل الهواء أيضاً كطبقة عازلة تمنع التدني أو الارتفاع الأقصى في درجة الحرارة. فلولا الهواء لكانت الأرض كما القمر - حارة جداً نهاراً، وباردة جداً ليلاً.



يؤلف النتروجين ٧٨٪ من حجم الهواء.



لا يمكن استخدام السيارات العامة بالبنزين على سطح القمر. لذا استخدم رواد القمر سيارة كهربائية على سطحه.

يؤلف الأكسجين ٢١٪ من الهواء (بالحجم).



يؤلف الأرجون ٠,٩٪ من الهواء.



يؤلف الكائنات الصغيرة من الغازات الأخرى ٠,٠٧٪ من الهواء.

على الأرض، تأخذ السيارة الهواء باستمرار؛ فأكسجين الهواء ضروري لحرق البنزين - والطاقة المنطلقة في التفاعل تُسيّر السيارة.



يؤلف ثاني أكسيد الكربون ٠,٠٣٪ من الهواء.

**الهواء عماد الحياة**  
تعتمد الحياة بمختلف أشكالها على الهواء من أجل البقاء. فالإنسان يستخدم أكسجين الهواء ليحوّل طعامه إلى طاقة؛ ويوفر ثاني أكسيد الكربون. والنباتات في عملية التخليق الضوئي تحول ثاني أكسيد الكربون من الهواء إلى أغذية، كالسكريات، تحتاجها في عملية النمو.

يؤلف ثاني أكسيد الكربون ٠,٠٣٪ من الهواء.

## اكتشافات علمية



١٧٥٤ اكتشف الطبيب الاسكتلندي، جوزيف بلاك، ثاني أكسيد الكربون في الهواء.  
١٧٧٢ اكتشف الطبيب الاسكتلندي، دانيال روبرتس، النتروجين في الهواء.  
١٧٧٤-٧٩ جوزيف بريستلي (البريطاني) وأنطوان لافوازييه (الفرنسي) اكتشفا الأكسجين في الهواء، مُستقلين.  
١٨٩٢-٩٨ اكتشف العالمان البريطانيان، السير وليم رامزي واللورد رايلي، أن الهواء يحتوي غازات خاملة.

**الهواء من نعم الأرض**  
يحكم العادة، نسي أحياناً أننا مُحاطون بالهواء؛ وأن كثيراً مما نقرضه أمراً طبيعياً عادياً لا يحدث بدون. فلو اصطحب رواد الفضاء سيارة عادية إلى القمر لما أمكنهم استخدامها لانعدام الهواء في جوّه. وهم قد استخدموا فعلاً، في نجاحهم الاستطلاعي القمري، سيارة كهربائية.



## تقطير تجزيتي للهواء

يحتوي الهواء بعض الغازات المهمة. وهذه يمكن فصلها بعملية التقطير التجزيتي؛ فيسبّل الهواء بتريده إلى درجة حرارة خفيفة جداً. ثم يُترك ليُسَخَّن، فتتبخّر الغازات غير متوافقة ويُجمع كلٌّ غارٍ على حدة لأن لكل منها درجة غليان مختلفة.

## جودة الهواء

لقد تسببت الأنشطة البشرية في تغيير تركيب الهواء. فمثلاً، قبل أن تأخذ مُستويات الكبريت في الهواء بالارتفاع، قُرابة العام ١٦٠٠، لم يكن تنظيف

الفِصّة ضرورياً. وقد حدثت التغيرات الكبرى بعد الثورة الصناعية في القرن التاسع عشر، حينما بدأ الناس يحرقون الوقود الكربوني على نطاق واسع. ونحن نعلم أن ثاني أكسيد الكربون اليوم يؤلف نسبة أكبر من الهواء عما كانت عليه سابقاً. فمن واجبنا جميعاً التحكم بمستويات التلوث المنطلق في الهواء لحماية الحياة على سطح الأرض.



## لمزيد من المعلومات انظر

- النتروجين ص ٤٢
- الأكسجين ص ٤٤
- الغازات الثبيلة ص ٤٨
- ملوك الغازات ص ٥١
- المركبات والمزيجات ص ٥٨
- الأكسدة والاختزال ص ٦٤
- التلوث الصناعي ص ١١٢
- الجوّ ص ٢٤٨



# كيمياء الماء

لو طلبت إلى شخص عادي أو عالم مُتخصّص أن يسمّي بضعة من أشهر المواد وأهمّها، لكان الماء في رأس هذه المواد رغم كونه ذلك السائل المُبتذلّ العديم اللون والطعم والرائحة. كيميائيًا، الماء مُركَّب يتألّف جُزيئته من ذرتين من الهيدروجين وذرة من الأكسجين - فصيحته إذاً  $H_2O$ . وهو كيميائيّ ذوّب الفاعلية ومُذيب عامٌ جيّد بحيث يكاد لا يوجد في حال النقاوة الكاملة مُطلقًا حتى في المطر. والماء بالغ الأهمية للكائنات الحيّة، فهو يكوّن الجزء الأكبر من مادة جسم الإنسان - كما يحمل المغذّيات إلى سائر خلاياه ويخلّصه من فضلاته.

عدّد الجُزيئات في نقطة ماء واحدة أكثر من ملايين النجوم التي تُشاهد في السماء.

في درجة حرارة الغرفة، الماء النقيّ سائل لا وزن له، يغيّر على درجة  $100^\circ$  س، ويتجمّد على درجة صفر سلفيغراد (سلسيوس)  $0^\circ$  س. الماء =  $1$  (متعاد).

قد يصل مُحتوى الشخص النحيل من الماء  $75\%$ ، بينما هو في السمين  $55\%$  فقط.

قُرابة ثُلثي وزن جسم الإنسان ماء.

تُغطّي المياه فوق  $70\%$  من سطح الأرض.

تحتوي البندورة  $95\%$  من وزنها ماء.



الماء في كُل مكان

الماء أكثر المُركّبات الكيميائيّة وفرة إذ يغطّي فوق ال  $70\%$  من سطح الأرض. ويبلغ مُعدّل مُحتوى جسم الإنسان من الماء حوالي  $75\%$  من وزنه، كما تتألّف بعض المأكولات في معظمها من الماء، فتحتوي ثمار البندورة، مثلاً  $95\%$  من وزنها ماء. وفي مختلف أماكن تواجده هذه يقوم الماء بتفاعلات ووظائف كيميائيّة مهمّة.

التسخين يُقلّد بلّورات كبريتات النحاس لونها الأزرق، والماء بعيد إلى البلّورات المُبيّضة وُرقعتها.



## الماء الجامد

بغلاف معظم المواد الأخرى، يتمدّد الماء خلال تحوّلته إلى جليد. فعندما تتضام جُزيئات الماء لتكوّن الجليد تنضمّ ذرة هيدروجين من أحد الجُزيئات إلى ذرة أكسجين في جُزيء آخر، فيتكوّن شكل سداسيّ ذو خيّر خافٍ في الوسط. ويشرّ هذا الشكل ظاهريّين، أولاهما كون الجليد أخف من الماء، وثانيتهما الشكل السداسيّ التراتبيّ للكسف الثلجيّ.

## الماء في الهواء

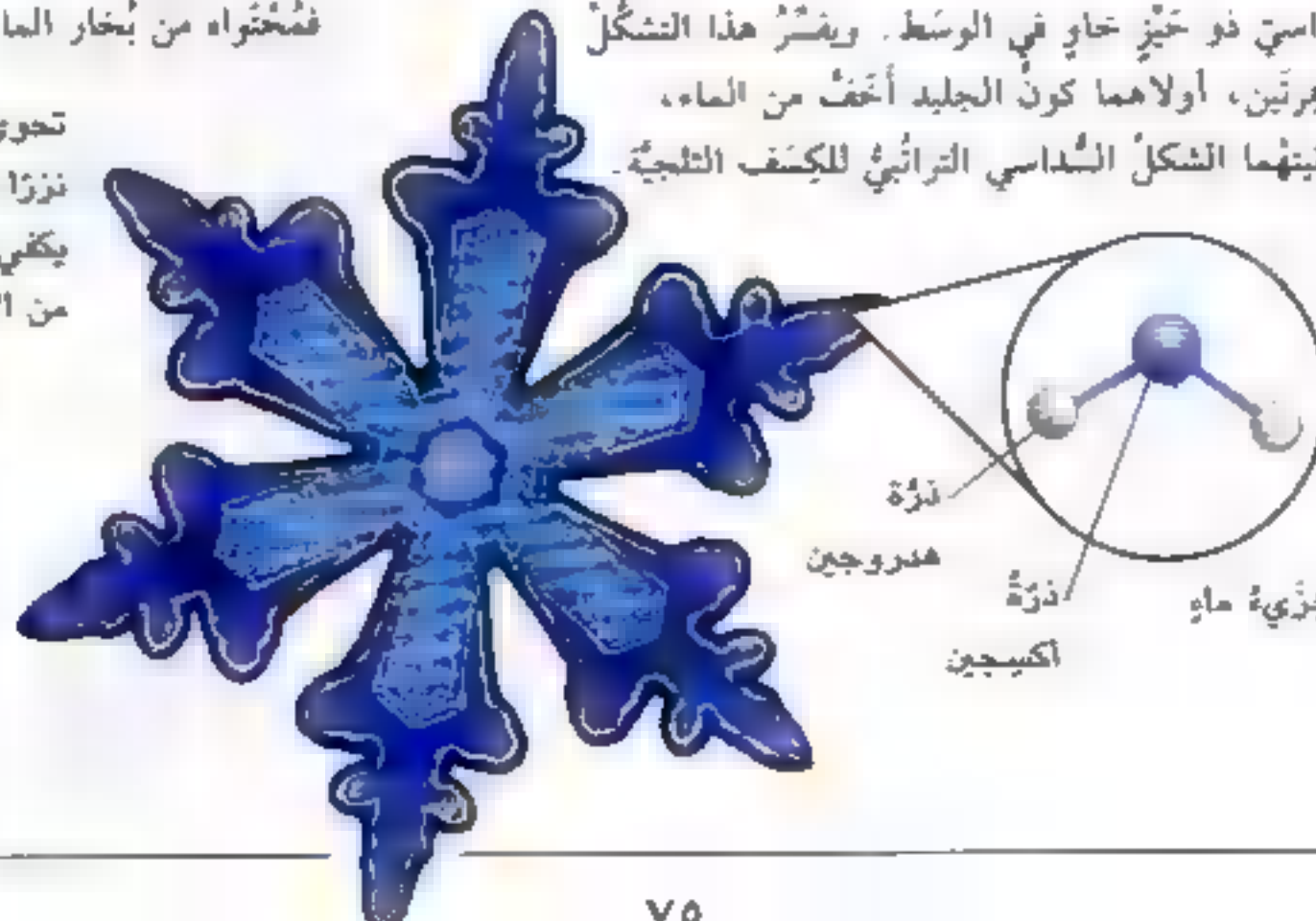
في يوم رطب، يحوي الهواء كمّيّة كبيرة من بخار الماء (حوالي  $5\%$  من وزنه) والرطوبة النسبيّة هي مقياس لكمّيّة الماء في الهواء. أمّا الهواء الجافّ، كهواء الصحاري، فمُحتواه من بخار الماء نزر يسير.

تحتوي الصحاري نزرًا من الماء لا يكفي لعيش الكثير من الأحياء.



## لمزيد من المعلومات انظر

تغيّرات الحالة ص ٢٠  
الترايط الكيميائي ص ٢٨  
البلّورات ص ٣٠، المحاليل ص ٦٠  
الماء - مُعالجته وصناعاته ص ٨٣  
الرطوبة ص ٢٥٢  
الثلج ص ٢٦٦



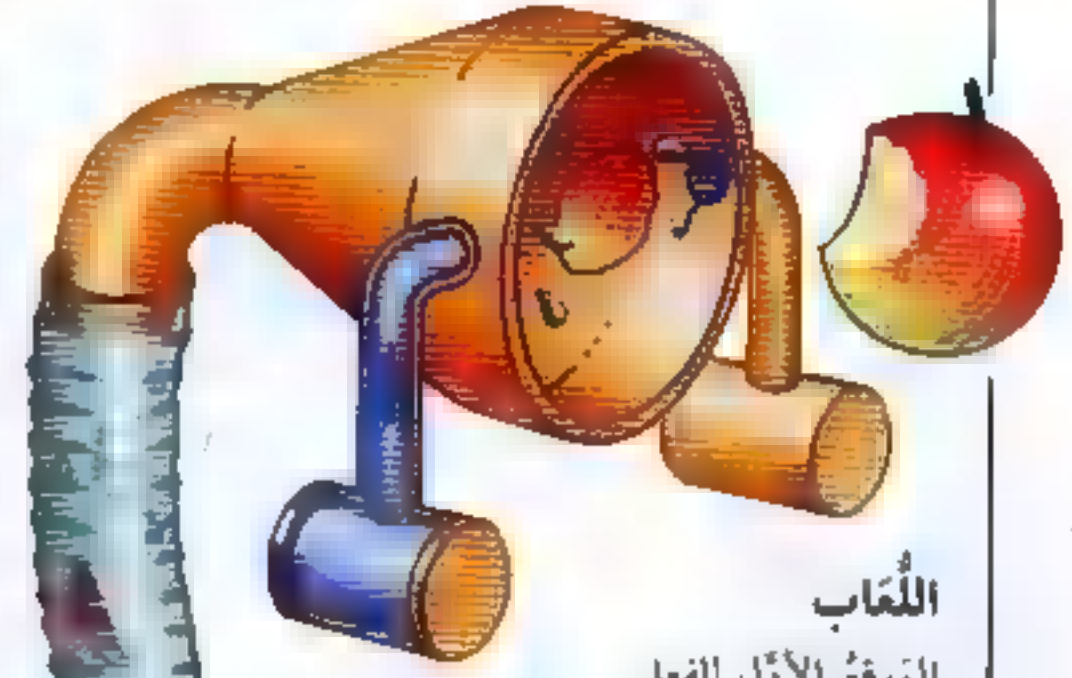
## ماء التبلّور

تحتوي مُركّبات كثيرة جُزيئات ماء مُختبِسة في بلّوراتها. هذا الماء هو ماء التبلّور ويمكن نزعها بالإخماء. فإذا سُخّنت بلّورات كبريتات النحاس الزرقاء نفقد ماء التبلّور ويبيّض لونها. ولا تعود إلى هذه البلّورات المُبيّضة وُرقعتها إلا بإضافة الماء. وتُستخدم هذه الظاهرة كيميائيًا كاختبار للكشف عن وجود الماء.



# كيمياء الجسم البشري

جسم الإنسان مصنع كيميائي مُتَقَلِّ مُهَيَّأ لمعالجة موادّه الخام كالطعام والماء والأكسجين على الوجه الأكمل. بعد التغذية، تمرّ هذه الموادّ بسلسلة من التفاعلات الكيميائية المعقّدة، تُعرف بالاستقلاب (أو الأيض)، مُولّدة الطاقة التي يحتاجها الجسم للقيام بوظائفه. إحدى سلاسل هذه التفاعلات تفكّك جزيئات الطعام الكبيرة في عملية الهضم إلى جزيئات أصغر، كالغلوكوز، يُمكن سريانها إلى مجرى الدّم. وينتقل الدّم الغلوكوز إلى الكبد حيث يُخزّن كوقود جُسَمانِي. وفي عملية التنفّس الخلوي تبتعث خلايا الجسم الطاقة من الوقود المُمتل. أمّا الفضلات فتُنقل إلى نهاية خطّ المصنع البشري للتخلّص منها.



الفم

الموقع الأول للفعل

الكيمياء على الطعام هو الفم حيث يتدفّق اللعاب من الغدد اللعابية على الطعام فيمزج به خلال عملية المضغ. واللّعاب مزيج مائي يحوي أنزيم الأميلاز الذي به يبدأ تفكيك النشا. ولما كان الأميلاز لا يعمل إلا في وسط قلوي، فإنّ اللعاب قلوي طفيف نوعاً.

## الغلوكوز أحد مُنتجات الهضم

يتلقّى الطعام في الفم الدقيق، عبر قناة الصفراء، مزيجاً فعلياً من الكيمائيات هو الصفراء. وهي سائل من مُفرزات الكبد، يُخزّن في كيس المرارة، يحوي أملاحاً قلوية تُساعد في تحلّل الدهون. وتُستكمل عملية الهضم بأنزيمات من البنكرياس ومن جدران الفم الدقيق. ويجري نقلّ الغلوكوز، الذي هو أحد مُنتجات مُجمّل هذه التفاعلات، إلى الكبد.

بينما أنزيمات المعدة جادّة في عملها، تعمل تقلّصات جدار المعدة كمنخل تُحقّق الطعام وتحوّله إلى مائع يُدعى الكيموس.



المعدة حال وصول الطعام إلى المعدة، يبدأ تقليبه مع عضلات المعدة المنقبضة من غدها. وتحوي هذه العضلات حامضاً قوياً هو حمض الهيدروكلوريك وأنزيمات عديدة؛ ويعمل الحمض على قتل الجراثيم في الطعام ويُنشّط أنزيم الببسين ليقوم بتفكيك البروتينات.

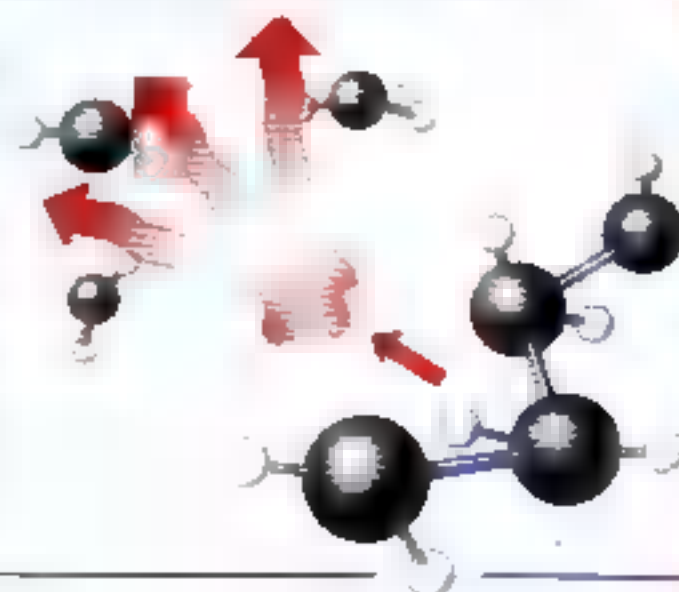
يُصنّع حمض الهيدروكلوريك في الغدد المعدية بتفاعل كيميائي يُشبه فيه ثاني أكسيد الكربون والماء وملح الطعام.

## الاستقلاب الهضمي (التقويض)

بعض التفاعلات الكيميائية في الجسم تُولّد طاقة. فالتنفّس مثلاً، يُطلّق طاقةً بتفكيك الغلوكوز إلى جزيئات أصغر. وهذه الطاقة لا تُولّد نتيجة لتفكّك روابط الغلوكوز بل نتيجة لتكوّن روابط أقوى في الجزيئات الأصغر. وتُدعى التفاعلات المطلقة للطاقة تفاعلات تقويضية. والعملية بأكملها الاستقلاب الهضمي.

## الاستقلاب البناء (الابتناء)

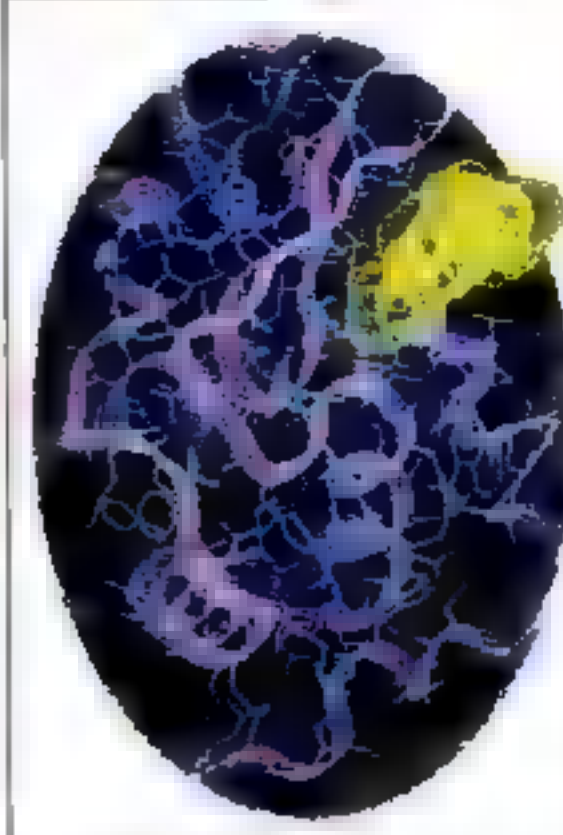
التفاعلات الكيميائية التي تنطوي على بناء تراكيب مُختلفة في الجسم هي تفاعلات ابتنائية. وهي، بخلاف التفاعلات التقويضية، تستهلك الطاقة، لا تبتعثها. وتستبدل هذه التفاعلات الطاقة اللازمة من جميع التفاعلات التقويضية في الجسم. فتركيب بروتينات الدّم مثلاً، ينطوي على بناء جزيئات كبيرة معقّدة من جزيئات بسيطة، ومما يستفد كمّيّات كبيرة من الطاقة، فهو إذاً تفاعل ابتنائي والعملية نفسها تُدعى ابتناء.





الأنزيمات<sup>Dr</sup>

يُسْرَعُ الكثيرُ من التفاعلات الكيميائية في  
الجسم بحفازات مُتميزة هي الأنزيمات .  
يختصُّ كُلُّ أنزيمٍ منها بتفاعلٍ مُعين . وهذه  
الأنزيماتُ قادرةٌ بِحذيقها على التمييز حتَّى  
بين الجزيئات المُشابهة ، فلا تُخطئُ  
تفاعليها . والأنزيماتُ حفازاتٌ سريعةٌ  
وفعالةٌ بشكلٍ لا يُقَدَّرُ . وبدونها كانت  
التفاعلاتُ في أجسامنا من البطءِ بحيثُ  
نستحيلُ معها الحياة .



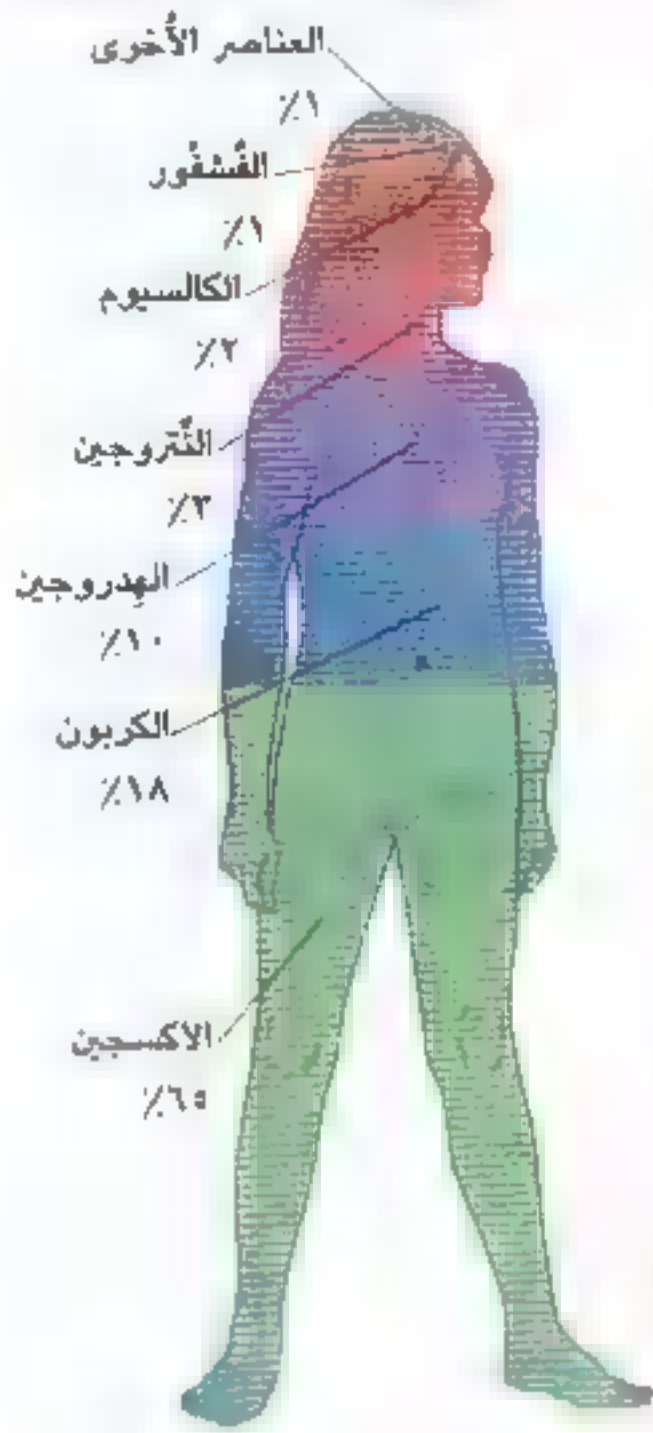
التَّحْيِيدُ

الكبد مُحطَّة القدرة الكيميائية في الجسم .  
فهي تفرِّز الصفراء - السائل المُخضَر الذي  
يُساعد على الهضم . وتحتزُّن الكبد الغلوكونز  
والفيتامينات والمعادن ، كما تُزيل سُموماً  
الأدوية والكُحول من الدَّم . والتفاعلات التي  
تجري في الكبد مُعظمها من النوع الذي يُطلِق  
الحرارة ، وهذه الحرارة تُنتشر في الجسم  
بواسطة الدَّم وتُدفَّئنا .



العناصر الكيماوية في الجسم

يتألف الجسم من عناصر كيميائية مختلفة ومتعددة. فالأكسجين والكربون والهيدروجين توجد بوفرة في الدهون والبروتينات والكربوهيدرات التي تؤلف معظم أنبجة الجسم. ويتواجد التروجين في البروتينات، وتحوي العظام نسبة عالية من الكالسيوم والفوسفور. أما العناصر النزرة في الجسم فتشمل الحديد، الصوديوم، البوتاسيوم، النحاس، الخارصين، المغنسيوم، اليود، الكلور، السليكون والكبريت. وهي رغم تواجدها بكميات ضئيلة، ضرورية جداً للحفاظ على سلامة الجسم.



الم

تحتوي كريات الدم الحمر مركباً من الهيموتين والحديد يُدعى اليخضور (الهيموغلوبين)، وهو يتحد مع الأكسجين في الرئتين وينقله إلى سائر خلايا الجسم. وعند انطلاق الأكسجين من الدم خلال عملية التنفس الخلوي، يفقد اليخضور لونه الأحمر الزاهي ويصبح أزجاً. وفي الوقت نفسه يُعادّل الهيموغلوبين ثاني أكسيد الكربون (فضالة الأكسدة) في خلايا الأنسجة ويحوّله إلى الرئتين حيث يُفرّج إلى خارج الجسم.

التَّفْصِيلُ

تتحوّل الطاقة المحتواة في الطعام إلى الطاقة اللازمة ليقوم الجسم بوظائفه في تفاعل كيميائي هو التنفس. ويحصل هذا التفاعل في كل خلية من الجسم بل في جميع الخلايا الحية في العالم إجمالاً. هنالك نوعان من التنفس: الهوائي واللاهوائي؛ والتنفس الهوائي يتطلب الأكسجين، ويُطلق الكثير من الطاقة.

الأكسجين + غلوكوز → ثاني أكسيد الكربون + ماء + طاقة

البندقة المشتعلة تجمعت حرارة وطاقة ضوئية. وهذا التفاعل يُشبه التنفس الهوائي. ففي كلتا الحالتين، يتحد الطعام مع الأكسجين لابتعاث الطاقة. لكن لا تُطلق الطاقة داخل الجسم فجأة كاللهب، بل تُطلق تدريجياً بشكل كيميائي.

## التنفس اللاهوائي

إذا ركضت بسرعة في سباق ماء، فإن عضلاتك تستهلك الأكسجين بسرعة أكبر مما تستطيع رتاك تزويده. فتلجأ خلايا العضل عندئذ إلى التنفس اللاهوائي لتوفر لك طاقة إضافية. وهنا التفاعل لا يتطلب الأكسجين، لكنه يُنتج طاقة أقل مع حامض اللبن.

غلوكوز → حامض اللبن + طاقة  
يُسببُ حامضُ اللبنُ آلامًا وتشنجًا في العضلات. لذا  
ياخذُ الرياضيون أنفاسًا عميقة في نهاية  
السباق لاستعادة المزيد الكافي من الأكسجين  
وللتخلص من حامض اللبن.



ياخذ الذم الغلوكون  
من الكبد.

يسري  
الدم في ذورته إلى  
كل أنسجة الجسم، فيحمل  
الغلوكونات من الكبد والاكسجين  
من الرئتين، وهما المادتان اللتان  
تحتاجهما كل خلية لتفاغل  
التنفس. وهذا يطلق  
كامل الطاقة التي  
تحتاجها الجسم.

تفريغ  
الفضلات  
الجامدة.

الْكَلْبَانِ

وَضَلَّيْنِ

تَنْظِيفُ الْجِسْمِ

وتخليصه من الغضلات.

فنتقوم ملايين الكليونات (الوحدات الكلوية

الصغيرة) بإزالة السحوم والفضلات من الثَّم.

يَفُزُّ كَامِلٌ دَم.

چشم لیرشخ

الْعَيْنَيْنِ حَشْرَيْنِ

### تصلاّت المُنابة،

## المناقشة

---

**لمزيد من المعلومات انظر**

## الحفّازات ص ٥٦

كيمياء الأغذية ص ٧٨

الْقَضِيم ص ٣٤٥

التَّقْصُّ الْخَلَوِيُّ ص ٣٤٦

الذم ص ٣٤٨

اليئة الباطنيه (في الاحياء) ص ٢٥٠

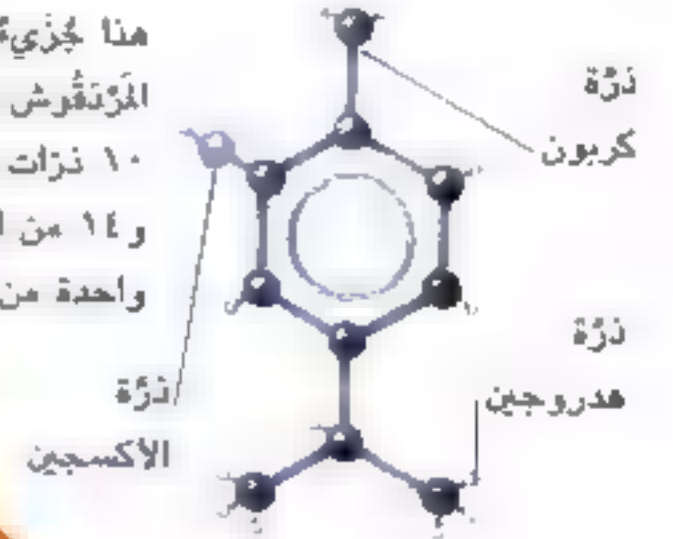


# كيمياء الأغذية

لعلَّ عددَ الكيماويات في طعام نأكله يفوق ما يُمكن أن تجده في مختبر. والكثير من هذه الكيماويات ضروري للحياة كالبروتينات والكربوهيدرات والألياف والدهون والفيتامينات والمعادن والماء؛ وجميعها من أساسيات الغذاء الصحي. هنالك أيضًا كيماويات مُنكهة للطعام وأخرى أزيد تلوُّنه. ويُقدَّر العلماء أن المادة

الزيتية في قشرة البرتقالة وحدها تحوي قرابة ٥٠ مركبًا كيماويًا مختلفًا. عند طهي الطعام، تحدث تفاعلات تُغيِّر من طبيعة تلك الكيماويات. والواقع أن في الطبخ والكيمياء أمورًا عديدة مُشتركة؛ فالكثير من العمليات المُستخدمة في كليهما كالسخين والمزج والترشيح عمليات مُتماثلة.

هذا جزيء من عشبة المونثوش القطرة يحوي ١٠ ذرات من الكربون و ١٤ من الهيدروجين وذرة واحدة من الأكسجين.



## البيتزا الكيماوية

البيتزا في حقيقتها صحف من الكيماويات مُعظمها من المُغذيات المفيدة. والمئات من الكيماويات المُختلفة في البيتزا ذات صبغ مُعقدة جدًا. أنظر مثلاً صبغة التركيب المُعقدة، أعلاه، التي تُكسب عشبة المونثوش نكهتها المُميّزة.

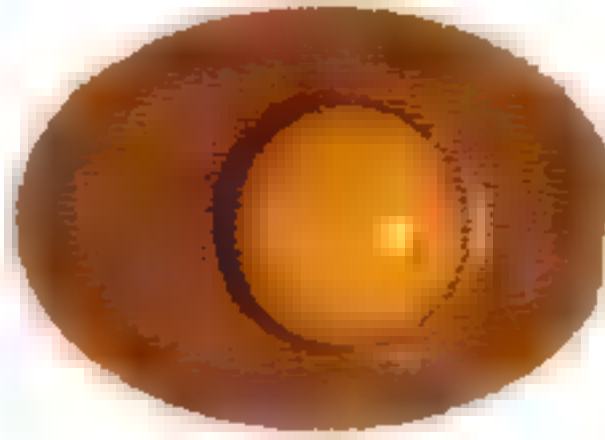


## إختيار (الكشف عن) البروتين

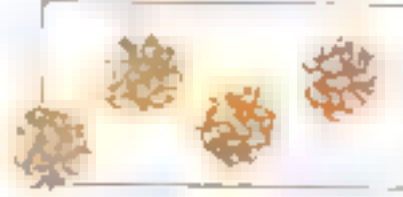
يُختبر العلماء الطعام للكشف عن وجود البروتينات بهزّ عينة منه في الماء وإضافة محلول هيدروكسيد الصوديوم المُخفَّف مُتتبعًا ببطء قطرات من محلول كبريتات النحاس. فإن تغيّر لون المحلول من الأزرق الفاتح إلى الأرجواني الشاحب دلّ ذلك على وجود البروتين في الطعام.



البروتين غير موجود



سلاسل البروتين في بيضة بيضاء بيضاء مُنتظمة اللولبة.



البروتين موجود

بالسخين تبدأ سلاسل البروتين بالانجلاء.



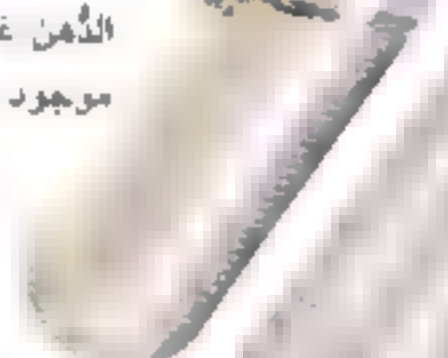
وبانجلائها تتناشب السلاسل بعضها مع بعض فتكوّن شبكة جامدة.



## إختيار (الكشف عن) الدهون

جزيئات الدهون ضخمة تحوي الكربون والهيدروجين والأكسجين. وتوافر الدهون في بعض الأغذية كالزبد والفستق والزبد. ويمكن الكشف عن الدهون في عينة غذائية برزجها في الإيثانول الذي يذوب الدهون ويبقى محلولًا صافياً. ثم يُصب هذا المحلول في أنبوب اختبار يحوي القليل من الماء. وحيث إن الدهون لا تذوب في الماء فإن الماء يترسب بفطريات الدهون الصغيرة إذا احتوت العينة.

الدهن غير موجود



الدهن موجود



## البروتينات

البروتينات كيماويات بانية للأنسجة الحية تتوافر في عديد من الأغذية كالبيض واللحم والجوز واللبن والبقول. وهي تتألف من ذرات الكربون والنيتروجين والكبريت والأكسجين والهيدروجين. وتتصام بعض الجزيئات البروتينية في سلاسل لولبية طويلة. فإذا طهوت نيضة مثلاً، تبدأ جزيئات البروتين بالتحلل من سلاسلها، ثم تتناشب بعضها مع بعض في شبكة جامدة؛ وهكذا يصير آخ النيضة البروتيني جامدًا عند الفلي أو الشلق.

## المعادن

المعادن مواد لا عضوية، الكميات القليلة من بعضها ضرورية في وجباتنا. هذه المعادن الحاوية لعناصر الكالسيوم والحديد واليوتاسيوم والمغنسيوم يُذيبها الماء من التربة، تمتصها جذور النباتات النامية في التربة. وحين نأكل تلك النباتات فإننا نزوّد أيضًا بما تحتويه من معادن.



## كيماويات البصل

لماذا نذمّع عيننا عند تقطيع البصل؟ السبب هو أن البصل يحوي بعض المركبات الكيميائية الغريبة التي تتفاعل مع أكسجين الهواء لتكوّن كيماويات حادة الرائحة تسيّل الدمع من العينين. وقد اكتشف العلماء مؤخرًا أن مثل هذه المركبات الكيميائية قد تُفيد في معالجة الربو.



الفيتامينات

الفيتامينات مجموعة متنوعة من المواد العضوية ضرورية جدًا، بكميات ضئيلة، لسلامة النمو وصحة الجسم والعقل. وهي متوفرة في العديد من الأغذية كالحمضيات (فيتامين ج) والخضار (فيتامين أ و ك) والجزر (فيتامين أ) وخبز الدقيق بأكمله (فيتامين ب) والسّمك (فيتامين د).

فيتامين ج  
غير موجود

الحفظ بالليمون الحامض

الفواكه المقطعة حديثًا، كالشّاح والنور، تفسد بتعرضها للهواء نتيجة لتفاعل كيميائياتها مع الأكسجين. ويُمنع هذا التفاعل أنزيم في الفاكهة نفسها. ولما كانت الأنزيمات حساسة جدًا لتغيرات الحمضية، فإن تفاعل الأسمرار يُمكن تبطله بإضافة عصير الليمون إلى الفاكهة المقطعة حديثًا.

فيتامين ج  
موجود

اختيار زوتر لفيتامين ج

اختيار زوتر يعتمد على إزالة زُرقة كاشفه (ثاني كلور الفينول إندو فينول). فإذا خصل هذا التغير بإضافة غيّنة من الطعام (مهروسة في الماء) إلى الصّنع المذكور، يكون الفيتامين ج موجودًا في الطعام.

السكّريات

خلاوة المُرّيات والكعك ناجمة عن السكّريات المختلفة. وهي كيميائيات تتألف من الكربون والهيدروجين والأكسجين. أسط أنواع السكّريات هو الغلوكوز، وصيغته الكيميائية  $C_6H_{12}O_6$ . ومن السكّريات البسيطة أيضًا اللكتوز (سكر اللبن) والفركتوز (سكر الفاكهة). ولم يند السكّر اليوم مادة للمطبخ فقط، فقد بدأ الكيميائيون الصناعيون يحوّلونه إلى كيميائيات صناعية تُستخدم في صنع الدهانات والمنظفات.

السكّر غير  
موجود

كريمة (أو تعصيد) السكّر

عند إحماء السكّر تبدأ جزيئاته بالتفكك وينطلق منها الماء. فإذا استمرّ الإحماء يتكامل السكّر ليصبح عصيدًا لزجًا مُسمّرًا. وتُستخدم الكريمات في تلوين الخلّ والصلصات وبعض المأكولات (مخروق).

السكّر  
موجود

اختيار (الكشف عن) السكّر

يُمكن الكشف عن السكّر في الطعام بهزس غيّنة منه في الماء وإضافة قليل من محلول بيكت الأزرق إليها. فإذا تغير اللون إلى برتقالي مُسمّر عند إحماء المزيج، يكون السكّر موجودًا في الطعام.

مأكولات  
سكّرية

حفظ الأغذية

تفسد الأغذية الطازجة، كالسّمك، بسرعة إذا تركت مُعرّضة للهواء، لأنّ المكروبات (الجراثيم) المؤذية تبدأ بالتكاثر فيها وعليها. ويمكن حفظ الأغذية بقتل تلك المكروبات أو تثبيط نموها بإحدى الوسائل المعروفة التالية: التجميد، التملح، التدخين أو التخليل. أما زيادة كلّ الجراثيم في الطعام فتتمّ بإحدى طريقتين: التسخين (حوالي ١٦٠°س) أو التجميد.



تُدخن الأسماك

فوق نار الحطب. فحرارة النار وكيميائيات الدخان تُبطّن وتثبّت تنامي المكروبات، كما يُضفي التدخين نكهة على الطعام ويُغير لونه.

اختيار (الكشف عن) النشا

يُمكن الكشف عن النشا بهزس غيّنة من الطعام في الماء وإضافة بضع قطرات من محلول اليود. فإذا تحول اللون إلى زُرقة مُسوّدة يكون النشا موجودًا في الطعام.

النشا غير  
موجود

المعكرونة  
والبطاطا والأرز  
جميعها تحوي  
النشا

حبّيات النشا في  
الماء، مُكبّرة ٦٠ مرّة.

النشا

المأكولات النشوية، كالخبز والبطاطا والأرز والمعكرونة تتألف من جزيئات سُكّرية مُترابطة معًا في سلاسل طويلة - فالنشا والسكّر هما من الكربوهيدرات. يُضاف نشا الطحين لتغلظ الصلصات والمرق؛ فعند تسخين حبّيات النشا في الماء، يدخلها بعض الماء فيتأخذ بين جزيئات النشا المفردة - فتتفكك الحبّيات حتى تنفجر ناشرة جزيئات النشا في السائل المحيط فينغلظ.

سُموم المأكولات

تحتوي بعض المأكولات طبيعيًا كمّيات قليلة من السُموم - تُمرض إذا ما أخذت بجرعات كبيرة. فالعوز يحوي مادة كيميائية قد تسبّب الهلوسة. والبطاطا الخضراء تحوي السولانين وهو سُم يُسبب ألم المعدة. ويحوي الجبن النضيج مادة التيرامين الوثيقة العلاقة بهرمون الأدرينالين في أجسامنا، فتؤثر في سرعة البص وتُسبب الكوابيس.



لمزيد من المعلومات انظر

- الكيمياء العضوية ص ٤١
- التحليل الكيميائي ص ٦٢
- كيمياء الجسم البشري ص ٧٦
- الاختصار ص ٨٠
- صناعة الأغذية ص ٩٢
- الغذاء ص ٣٤٢
- الإغذاء ص ٣٤٣



# الإِخْتِمَار

عُرِفَ الإِخْتِمَارُ منذ آلاف السنين في صُنْعِ الخُبْزِ واللَّبَنِ الرائب والجِعة والنَّبِيذ. واليوم، إضافة إلى استخدامه في صُنْعِ الأغذية والمشروبات الكحولية يُستخدم الإِخْتِمَارُ في صُنْعِ الأدوية كالبنسلين، والكيمائيات كالميثانول وحامض الستريك. والإِخْتِمَارُ عملية كيميائية تقوم بها مَعضِيَّاتٌ مجهرية تدعى الخَمَائِرُ، وهي تنمو بتحويل سُكَّرِ الأغذية، وخاصة سُكَّرِ الفواكه والحبوب، إلى كحول وثاني أكسيد الكربون. ويَحْتَمَلُ أَنَّ اكْتِشَافَ الإِخْتِمَارِ كان صدفةً في فواكة أو حبوبٍ اختزنَتْ في أوعيةٍ مَقْفَلَةٍ. والخمائرُ هي من المِكْرُوباتِ المُفِيدَةِ المأمونة المستخدمة على نطاقٍ واسع. وهي كغيرها من المِكْرُوباتِ قادرةٌ على العيش في كُلِّ مكانٍ تقريباً. لكنَّ لِسَتْ كُلُّ المِكْرُوباتِ صالحةً للأكل - فالكثيرُ منها مُؤدِّ وسامٌ.

منظَرٌ مُكَبَّرٌ  
لخلايا الخَميرة



## صُنْعُ الخُبْزِ

الخَميرة هي أحدُ مُقَوِّماتِ الخُبْزِ. فبعدَ عملية العجنِ يُوَضَعُ العجينُ في مكانٍ دافئ، حيثُ تنفُخُ الخَميرة الأكسجينَ هوائياً، مُغْلِقَةً بالسُّكَّرِيَّاتِ - مُتَمَكِّنةً إِيَّاهَا إلى ماءٍ وغازٍ ثاني أكسيد الكربون يتنفخُ به العجين. وعند الخَبْزِ تَقْتُلُ الخَميرةُ ويشمَدُ ثاني أكسيد الكربون ويُخَارُ الماءُ فيَكْسِبُ الخُبْزُ نَسْجَةً إسْفنجيةً. أما الخُبْزُ المُخَضَّرُ من عجينٍ بلا خَميرة فلا يَتَنَفِّخُ بالخَبْزِ ويُدعى فطيراً.



يُشَدُّ بعضُ  
البروتينات في  
الطحين، بعد  
إضافة الماء  
وعجن العجين،  
مُكَوِّنَةً شَبَكَةً قَوِيَّةً  
ومُطَاةً من  
الجزيئات.

## الإِخْتِمَارُ الأوَّلُ

كَانَ المِصْرِيُّونَ القِدَمَاءُ أوَّلَ من صَنَعَ الخُبْزِ الخَمِيرَ منذ ٥٠٠٠ سنة. وكانوا يحتفظون دوماً ببعضِ العجينة المخمرة ليضيفوها إلى العجينة التالية لِتَخْمِيرِهَا. ولا يزالُ أَهْلُ الأريافِ يستخدمون الوسيلة نفسها في تخمير عجائنهم.



الغازُ المنبعث يسري غير  
الأنبوب إلى ماء الجير

يتربَّدُ ماءُ  
الجير الصافي  
بالغاز المنبعث.  
وهذا دليلٌ على  
أنَّ الغاز هو  
ثاني أكسيد  
الكربون.

سدائٌ مُسِيكٌ  
للِهواءِ  
تكوُّنُ فقائِعِ  
الغازِ

مزيجُ الخَميرةِ  
مع الماءِ الدافئِ  
والسُّكَّرِ.

الخمائرُ مُتَمَعِّضِيَّاتٌ مجهرية، تنمو  
على سطحِ الفواكه الخارجية  
كالعنب والتفاح وتغذي  
بالسُّكَّرِيَّاتِ. وتنقسم  
خلايا الخَميرة  
بسرعة أثناء انقسامها.

تُحوَّلُ الخَميرةُ  
السُّكَّرُ إلى كحول  
يبقى في الفارورة  
وغازٍ هو ثاني  
أكسيد الكربون.



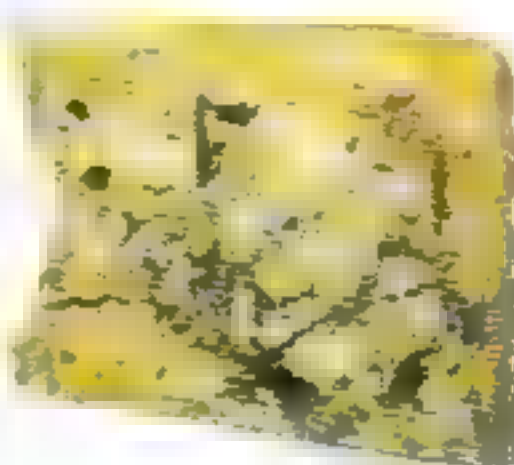
## الكُحُولُ

في ظروفِ التهوية العاديةِ تنتجُ الخمائرُ الماءَ وثاني أكسيد الكربون بالتَّنَفُّسِ الهوائي (كما في صُنْعِ الخُبْزِ). أما في ظروفِ انعدامِ التهوية فإنها تلجأ إلى التَّنَفُّسِ اللاهوائي مُنتِجةً الكُحُولَ وثاني أكسيد الكربون. لذا تُخَمَّرُ المشروباتُ الكحوليةُ في أوعيةٍ مَقْفَلَةٍ. والمعروفُ أنه عندما ترتفعُ نسبةُ الكحولِ في المحلولِ إلى قرابة ١٤٪، تتسببُ الخمائرُ ويتوقفُ التخمر. وهكذا لا يمكنُ صُنْعُ مشروباتٍ كحوليةٍ يزيدُ محتواها من الكحول على ١٤٪ بطريقة الإِخْتِمَارِ فقط.

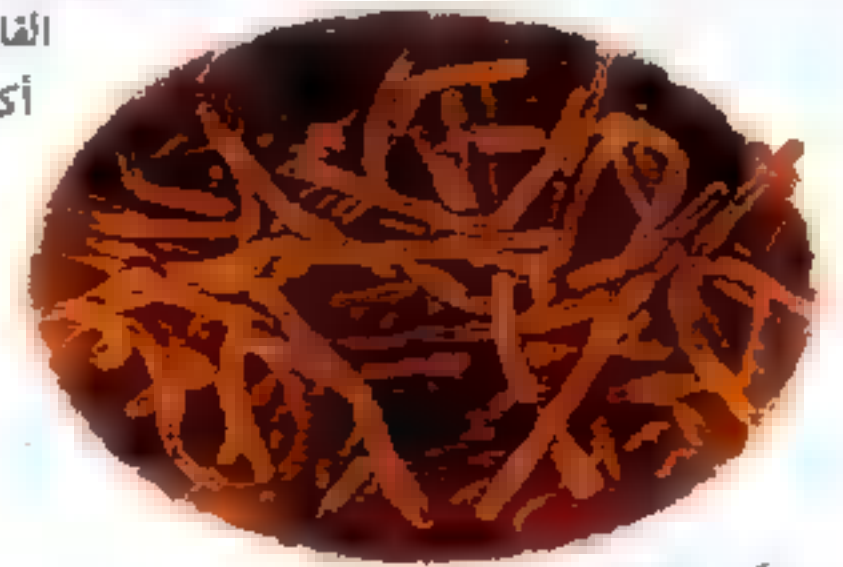


## الجُبْنُ الأزرق

يُضَافُ نوعٌ خاصٌ من عُفَنِ البَنسَلِينِ إلى الجُبْنِ الأزرق ليكسبه لونه وطعمه المميزين. وخلال عملية نُضِجِ الجُبْنِ تُحدثُ فيه ثُقُوبٌ صغيرة، يَهِرُ من الفولاذ الذي لا يصدأ، لِضَمَانِ وُجُودِ كَمِّيَّةٍ كافيةٍ من الأكسجين لِتَنَمُّوِ العُفَنِ.



المُتَلَبَّنَاتُ مُكَبَّرَةٌ.



## اللَّبَنِ الرائب

يُخَضَّرُ اللَّبْنُ الرائبُ بإضافة بكتيريا مُعَيَّنَةٍ (المُتَلَبَّنَاتِ) إلى اللَّبَنِ وتركه يَخْتَمِرُ لاهوائياً. فتكاثر البكتيريا وتُغْلَقُ اللَّبَنِ خَافِضَةً مُحتوى السُّكَّرِ فيه بتحويل سُكَّرِ اللَّبَنِ (اللاكتوز) إلى حامضِ اللَّبْنِيك. لذا فإن طَعْمَ اللَّبَنِ الرائب الطبيعي حَذِيقٌ.

## لمزيد من المعلومات انظر

- كيمياء الجسم البشري ص ٧٦
- كيمياء الأغذية ص ٧٨
- المُتَمَعِّضِيَّاتُ الوحيدة الخلية ص ٣١٤
- الفطريات ص ٣١٥
- التكاثر اللاجنسي ص ٣٦٦



# المواد

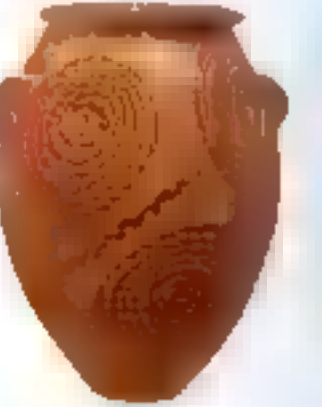
تخيل أنك تتجول جذاء من الخرسانة أو تركب دراجة من الزجاج! إن ذلك عسير وخطير حقًا. هاتان مادتان فقط من المواد الكثيرة التي نستخدمها في حياتنا اليومية - لكن طبعًا ليس للمشي ولا لصنع الدراجات! إن معظم ما يحيط بنا من مواد هي مواد مُحَوَّلَةٌ عما كانت عليه في حالتها الطبيعية، التي هي أصلًا موادًا من الأرض أو الماء أو حتى من الهواء. فالعمليات الكيميائية تُحوّل المواد الخام هذه إلى مواد ذات خصائص معينة يتسنى لنا استخدامها. فمواد ملابسنا، مثلًا، مُصنَّعة من ألياف لينة مطاطية مقاومة للحت تجعلها مريحة ومتينة.

## مواد مُستخدمة في لعبة التنس

تتلاءم جميع المواد المستخدمة في لعبة التنس تمامًا مع وظيفة كل منها. فالمضارب متينة التصميم قوية كي تتمكن من صد الكرات المتطلقة بسرعة فائقة، والكرات مصنوعة من مواد متينة مرنة لا يمزقها الارتطام بالمضرب أو بأرض الملعب. كذلك فإن أحذية التنس وأرض الملعب مُعالجة ومصممة لمقاومة الحت أو البري الناتج عن تراكض اللاعبين في طول الملعب وغرضه.

## الفخاريات

منذ حوالي ٧٠٠٠ سنة، اكتشف الناس إمكانية تحويل الطين بالإحماء إلى مادة صلبة قصفة. فيشكلهم الطين قبل الشق، استطاعوا صنع الفصصات والأكواب والجرار لحفظ طعامهم وشربهم. فكان الفخار (أو الطين النضيج) أحد أول المواد التي صنعها الإنسان.



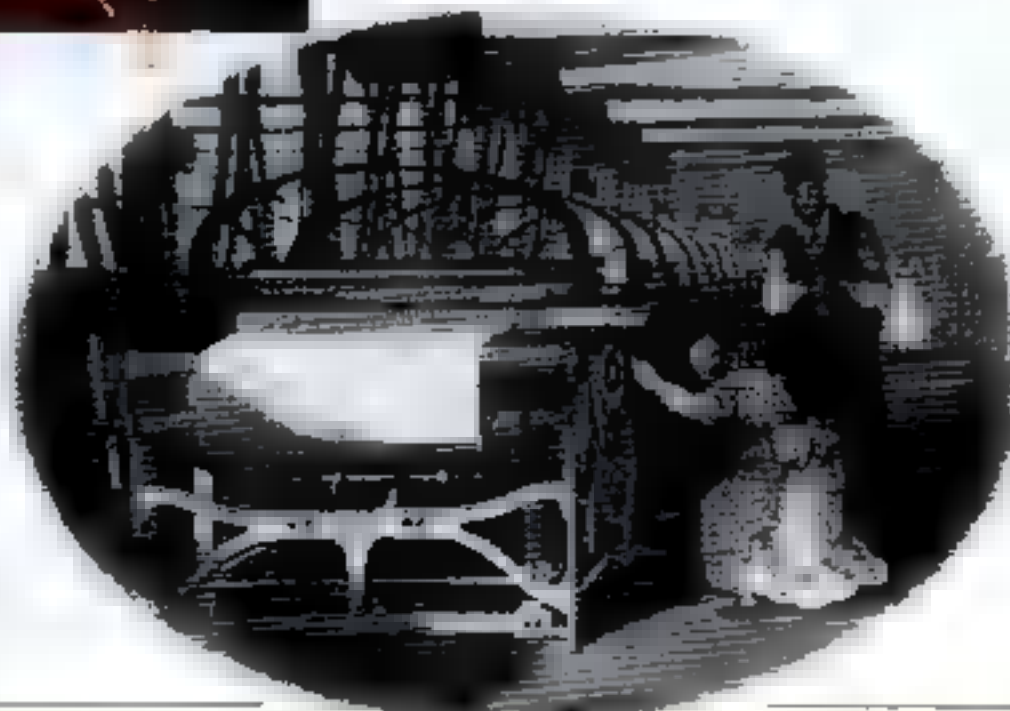
## استخراج الحديد

منذ ٣٥٠٠ سنة اكتشف الحثيون، سكان ما يُعرف اليوم باسم تركيا، كيفية استخراج الحديد. وتلخص برر طريقتهم بإحماء خامات الحديد مع فحم الخشب المحترق، فيحصلون على المعدن (الحديد المطاوع) بليوننة تسمح بتطريقه غداً وألحقة.



## مكنتنة صناعة القماش

منذ عام ٨٠٠٠ ق.م. عرف الناس غزل الألياف الطبيعية وحياتها بشكل أو بآخر لصنع القماش. وفي أواخر القرن الثامن عشر، اخترع الأوروبيون مكينات للغزل والحيكة تعمل بالقدرة البخارية.



تُصنَّع قُبعة الرياضة من القطن، فتبقى مِهْوَاةً باردة.

النظارات الشمسية المصنوعة من الكيماويات النفطية خفيفة ومأمونة الاستعمال.

يُصنَّع إطار مضرب التنس من لدنة تحوي الغرافيت ومقبض مُغطى بالجلد الاصطناعي، وأوتار لدائنية مُصنَّعة.

تُصنَّع جوارب الرياضة من الألياف الطبيعية لحفظ القدمين مِهْوَاةً باردة.

الخشب مادة طبيعية صلبة تُنخَّذ من الأشجار.

تُصنَّع ملابس الرياضة من مواد قوية ومريحة كالقطن والبوليستر والنيلون.

يتألف الوزن من ألياف طبيعية مصدرها الأشجار.

## من الحديد إلى الفولاذ

لم يكن صنَّاع المعادن الأوائل يجهلون أن الكربون يُصلِّد الحديد. عام ١٧٤٠، ابتكر المعادن البريطاني، بنجامين هنترمان، طريقة لضبط كمِّيَّة الكربون المناسبة لإنتاج معدن متميز قوي من الحديد يدعى الفولاذ. ويُستخدم الفولاذ الآن في تصنيع بنية لا حصر لها من المُشجَّات من الإبر إلى هياكل السيارات.

تُصنَّع أحذية

الرياضة من الجلد أو القماش المنين ونجهرُ بنعال مطاطية مرونة.



## عصر اللدائن

في الخمسينيات من القرن التاسع عشر، صنَّع الكيميائي البريطاني، ألكسندر باركس، أول مادة لدائنية. واليوم تصنَّع اللدائن المختلفة من الكيماويات النفطية، وتستخدم في صناعة اللعب والكثير من المُشجَّات المنزلية كالكراسي والغلب والأطباق وغيرها.



# صناعة الكيماويات

المواد المصنعة كيميائياً تُحيط بنا حيثما نكون، بل إن بعضها يتواجد في داخلنا أيضاً. ويتفاوت مدى هذه المواد الشائع من دهانات السيارات إلى مختلف أنواع المأكولات. وتُصنع كل مادة أو مجموعة مواد في وحدة صناعية خاصة؛ فتعالج المواد الخام، كالمعادن والنفط والماء والفحم والغاز وكثير سواها، بتفاعلات كيميائية تحولها إلى مواد مفيدة تُنقل إلى مختلف أقطار العالم ليستخدمها الناس ويتعموا بفوائدها. والمنشآت الصناعية الكيماوية هذه عالية التكلفة بناءً وتشغيلاً؛ وهي تشكّل إحدى أكبر الصناعات في العالم، وتستهدف تقديم مصنوعات المفيدة والمتنوعة بأسعار في متناول الجميع.



الطاقة تُوفّر القدرة  
اللازمة لتشغيل  
المصنع.

في خط الأنابيب

تُقلّ الأنابيب المشمّسة الألوان السوائل  
والغازات الكيماوية والبخار والماء المُبرّد  
إلى مختلف أنحاء المصنع الحديث.

يُخزّن فائض  
من المواد الخام  
قرب المصنع.

يُراعى في اختيار موقع المصنع وفرة  
المواد الخام وسهولة انتقال الفضل  
والبضائع.

غالب المصنع هم من  
سكان المناطق  
الجاورة غالباً.

## موقع المصنع

يجب أن تتوافر احتياجات  
المصنع من مواد خام وطاقته وماء  
على مقربة من موقعه ليعمل بفعالية.  
ويُراعى في اختيار الموقع أيضاً توافر سبل النقل  
والمواصلات القليلة التكلفة لتصريف المُنتجات.  
أما النفايات والفضلات فينبغي تصريفها بعناية بالغة  
- فقد يُباع بعضها لإعادة التدوير وتُصنع مواد  
مفيدة أخرى؛ وما لا يصلح منها للبيع يُعالج  
لتنالفي ضربه وأخطاره.

مركب لنقل  
المواد

تأكل الأبقار كُزَيَات  
مُصنّعة من نفايات  
الطعام السليمة.

يُعاد تدوير بعض الفضلات والنفايات  
لتصنيع مُنتجات أخرى.

## السّلامة العامّة

التفاعلات الكيماوية قد تُنتج أدخنة سامّة أو  
تُنتج حرائق وانفجارات، ولِلوقاية من هذه  
الآخطار تُجهّز المصانع بمعدات الأمان  
وانظمة الإنذار، ويُرَوّد العاملون بالملابس  
الواقية وتعليمات التصرف السليم في  
حالات الطوارئ.

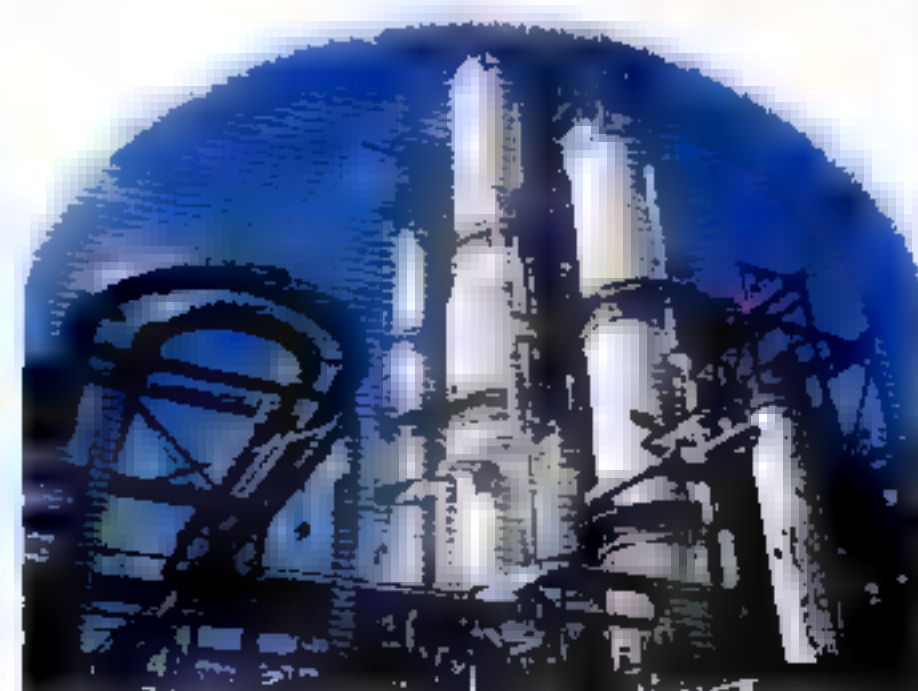


قرب الموقع من طُرق  
المواصلات البريّة والنهريّة  
ضروريّ لشحن المواد  
بسرعة وفعالية.



## نموذج مُصنّف

قَبْلَ بناءِ المصنّع الكيماوي،  
يُصنّف له نموذج مُصنّف  
اختياريّ، وتُمرّر الكيماويات  
في أجهزته الرّجّاجيّة لمراقبة  
مختلف مراحل العمليّة  
وأجهزتها والتأكّد من سلامتها  
وصلاحيتها، وحين يتأكّد  
للعلماء ذلك يُضارّ إلى تشييد  
المصنع بالحجم الحقيقي.



## من النموذج إلى الأصل

عندما تُنتج تجارب النموذج  
المُصنّف، ويتمّ تقصي إمكانيّة إنتاج  
المادة المطلوبة بتكلفة زهيدة، يُكَبّر  
قياس تجهيزات النموذج وعمليّاته  
لإنشاء المصنّع الحقيقي.

## لمزيد من المعلومات انظر

- التفاعلات الكيماوية ص ٥٢
- الماء - معالجته وصناعاته ص ٨٣
- التلوث الصناعي ص ١١٢
- مصادر الطاقة ص ١٣٤
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٦



# الماء - مُعالجته وصناعاته

يستطيع الإنسان العيش بدون ماء قرابة ستة أيام، لكن الصناعات في معظمها تتوقف فوراً عن العمل بدونه. فالصناعة بحاجة إلى كميات كبيرة من الماء لتصنيع كل ما نستخدمه تقريباً من مواد. ففي كل يوم، تستهلك الصناعات في العالم من الماء أربعة أضعاف ما يستهلكه جميع الناس في منازلهم. المطر هو المصدر الرئيسي لكل هذه المياه، لكن يجب تنقيتها قبل الاستعمال. فالمطر المتساقط على الأرض ينساب في جداول وأنهار، أو يغور في الأرض إلى الطبقات الصخرية. وهكذا، يلتقط الماء، في مساراته المختلفة، جسيمات صغيرة من الصخر أو بكتيريا من التربة أو كيماويات مذابة من أيما شيء تقريباً يمر به أو فوقه.

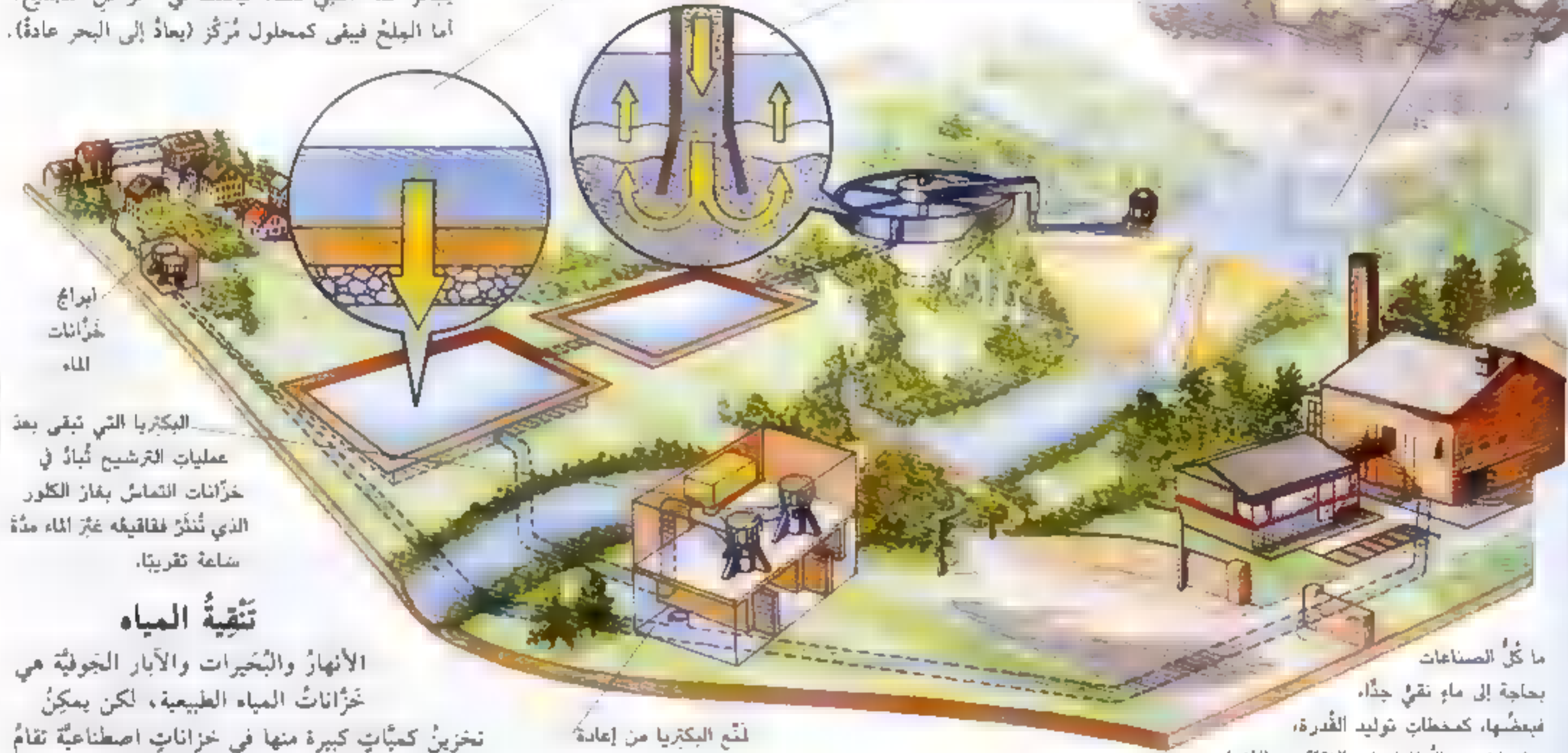
## إزالة الملوحة (التحلية)

في بعض مناطق العالم حيث تنبع الأمطار (كما في منطقة الشرق الأوسط) يحصل الناس على الماء من البحر بالتحلية. فإحمااء ماء البحر تحت ضغط خفيض، يتبخر الماء الثقي فقط، فيكثف في أحواض التجميع. أما البلع فيبقى كمحلول مركز (يعاد إلى البحر عادة).

يفر الماء عبر طبقات، من الرمل والخصى، تحتبس ما به من أوساخ.

في المرشح الكيماوي يضاف الشب (كبريتات الألومنيوم) والجير (هيدروكسيد الكالسيوم) فينتجان مادة لزجة (هي هيدروكسيد الألومنيوم) تحتبس فضائعات الماء وترسبها.

يخترج الماء خلف سد التجميع.



إبراج خزانة الماء  
البكتيريا التي تبقى بعد عمليات الترشيح تبدأ في خزانة التماس بغاز الكلور الذي تنتج فقائيه عبر الماء مدة ساعة تقريباً.

## تنقية المياه

الأنهار والبحيرات والآبار الجوفية هي خزانات المياه الطبيعية، لكن يمكن تخزين كميات كبيرة منها في خزانات اصطناعية تقام على مقربة من المصانع والمنازل. قبل الاستعمال تنقى مياه الخزانات بتمريرها أولاً عبر مضخة كبيرة، لإزالة الأجسام الغريبة كالثغابات والأوساخ العالقة فيها؛ ثم ترشح في مرشحات ضخمة من طبقات الخصى والرمل والكيماويات لإزالة الجسيمات الأصغر التي قد تختبئ دواخل جدران الأنابيب أو تلحق الضرر بالتجهيزات الصناعية، أو تُعكر مياه الشرب. أما البكتيريا والفيروسات الممرضة (أو المميتة أحياناً)، فتعالج بنفث فقائيع غازات سامة لها في الماء كالكلور والأوزون.

لتنع البكتيريا من إعادة تلوث الماء، تُترك فيه مقادير قليلة من الكلور عندما يُضخ إلى المنازل.

تستخدم كمية ضخمة من الماء في تصنيع سيارة.



ما كل الصناعات بحاجة إلى ماء نقي جداً، فبعضها، كمحطات توليد القدرة، يمكنها استعمال المياه غير النقية من الأنهار أو من البحر مباشرة.

## استخدام الماء في الصناعة

تستخدم الصناعة كميات كبيرة من المياه لتبريد الأفران حيث تجري العمليات الكيماوية المطلقة للحرارة، أو لتوفير الوسط المناسب لحدوث شتى التفاعلات، أو في توليد البخار لإدارة مضخة أو مولد كهربائي. والماء كذلك ملتبس فقال لكثير من المواد، مخولاً بإيها إلى محاليل مخففة سهلة المتناول؛ كما يُستخدم لتنظيف المواد والمعدات والموقع.

شراب الليمون دوش فولان سيارة

## حقائق مائية

تصنع سيارة واحدة بتطلب ٣٠,٠٠٠ لتر من الماء، ويتطلب تحضير طن واحد من الفولاذ ٤٥٠٠ لتر. بالمقارنة فإن الدوش تستهلك قرابة ٣٥ لتراً من الماء، واللتر الواحد من شراب الليمون (المركز) ٨ لترات من الماء.

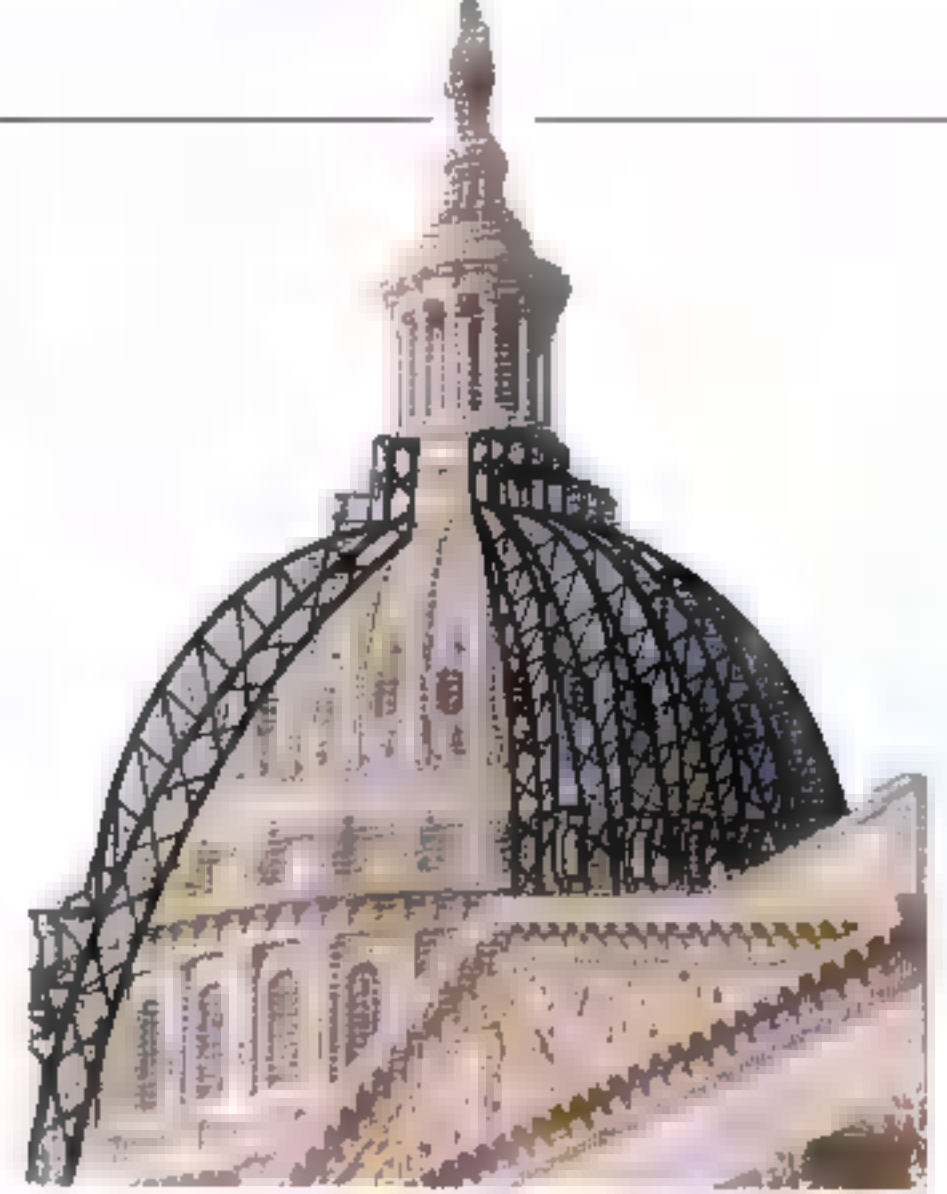
## لزيد من المعلومات انظر

- تغيرات الحالة ص ٢٠
- المحاليل ص ٦٠
- فصل المزيجات ص ٦١
- كيمياء الماء ص ٧٥
- صناعة الكيماويات ص ٨٢
- حقائق ومعلومات ص ٤١٦



# الحديد والفولاذ (الصُّلب)

لولا الحديد والفولاذ ما كَانَ يَتَسَرُّ لنا تَصْنِيعُ السَّيَّارات، ولا تَشْيِيدُ المَبَانِي الشَّاهِقَةِ ولا إِنْتاجُ المَكْنَاتِ الَّتِي تَصْنَعُ لنا تَقْرِيْبًا كُلَّ شَيْءٍ. فَالحديدُ أَرَحَصُ الفِلِزَّاتِ الَّتِي نَسْتَعْمَلُهَا وَأَهْمُهَا؛ وَهُوَ يُسْتَخْرَجُ مِنْ خَامَاتِهِ الصَّخْرِيَّةِ المَخْتَلِفَةِ، ثُمَّ يَحْوَلُ مَعْظَمُهُ إِلَى فُولاذٍ. وَالحديدُ، كالكثيرِ غَيْرِهِ مِنَ العَنَاصِرِ نَشِطٌ كِيْمَاوِيًّا، فَلَا يَوْجَدُ نَقِيًّا فِي الطَّبِيعَةِ، بَلْ مَتَّحِدًا مَعَ عَنَاصِرٍ أُخْرَى بِخَاصَّةِ الأكْسِجِينِ. فِي مَسَابِكِ الصَّهْرِ، تُحْمَى خَامَاتُ الحديدِ فِي أَفْرَانٍ خَاصَةٍ مَعَ الحِجَارَةِ الكَلْسِيَّةِ وَفَحْمِ الكُوكِ، الَّذِي يَتَأَلَّفُ فِي مَعْظَمِهِ مِنَ الكَرْبُونِ، فَتُزَالُ الشَّوَابِثُ مِنْ خَامَاتِ الحديدِ وَيَبْقَى الفِلِزُّ نَقِيًّا تَقْرِيْبًا. وَفِي عَمَلِيَّةٍ تَالِيَةٍ يَحْضَرُ الصُّلْبُ (الفولاذ) مِنْ هَذَا الحديدِ بِضَبْطِ كَمِيَّةِ الكَرْبُونِ فِيهِ، وَأَحْيَانًا إِضَافَةً كَمِيَّاتٍ قَلِيلَةٍ مِنْ فِلِزَّاتٍ أُخْرَى كَالْكُرومِ وَالنِّيكَلِ إِلَيْهِ.



## حديد الصُّلب (حديد الزُّهر)

تَحْوِي قُبَّةُ الكَافُولِ فِي وَاشِنْطُنِ العَاصِمَةِ ٤٠٠٠ طَنَ مِنْ حديد الصُّلبِ. وَكَانَتْ أَجْزَاؤُهَا المَخْتَلِفَةُ قَدْ صُبَّتْ مُسَبِّقًا فِي قَوَالِبٍ خَاصَةٍ.

## الْفُرْنُ العَالِي، فُرْنُ السَّفْعِ

يُسْتَخْرَجُ الحديدُ مِنْ خَامَاتِهِ فِي أَفْرَانِ السَّفْعِ (أو اللَّفْحِ) يَغْلَوُ الضَّخْمُ مِنْهَا ٦٠ مِترًا وَيَبْتِجُ ١٠,٠٠٠ طَنَ مِنَ الحديدِ يَوْمِيًّا، عَامِلًا، دُونَ تَوَقُّفٍ، عَلَى مَدَى ١٠ سَنَوَاتٍ مُتَالِيَةٍ. فِي هَذَا الْفُرْنِ تُسْفَعُ المَوَادُّ الخَامُ، المَوْضُوعَةُ مِنْ خَامَاتِ الحديدِ والحِجَارَةِ الكَلْسِيَّةِ وَفَحْمِ الكُوكِ، بِعَصْفَاتِ المِهْوَاءِ الحَارِّ مِنْ أَشْفَلِ الْفُرْنِ. وَبِمَا أَنَّ الكَرْبُونِ أَشْطَرُ فَاعِلِيَّةً مِنَ الحديدِ، فَإِنَّهُ يَتَّحِدُ بِالأكْسِجِينِ مِنْ خَامَاتِ الحديدِ، مِهْنَةً أَكْاسِيَّةً الكَرْبُونِ، تَارِكًا فِلِزَّ الحديدِ وَرَاءَهُ.

تُطْفَأُ الْغَازَاتُ  
الْمُتَلَفَّةُ وَتُشْتَعْمَلُ  
ثَانِيَةً فِي إِحْمَاءِ هَوَاءِ  
السَّفْعِ السَّاحِنِ

صمام  
أمان

الْفُرْنُ مُنْطَلِقٌ  
بِالطُّوبِ المَقَاوِمِ  
لِلْحَرَارَةِ.

تُدْخَلُ المَوَادُّ الخَامُ  
غَيْرَ صَمَامَيْنِ  
جَزْسِيَّيْنِ الشَّكْلِ  
يَمْتَلِئَانِ انْفِلَاتٍ  
الْغَازَاتِ  
السَّاحِنَةِ.

خام الحديد

حجر كلسي

فحم الكوك (المُخَضَّرُ)  
بِإِحْمَاءِ الفَحْمِ فِي  
مَعْيَلٍ عَنِ المِهْوَاءِ.

## دَاخِلَ فُرْنِ السَّفْعِ

تَبْدَأُ التَّفاعُلَاتُ الكِيْمَاوِيَّةُ دَاخِلَ الْفُرْنِ عِنْدَ سَفْعِ مَحْتَوِيَّاتِهِ بِالمِهْوَاءِ الحَارِّ جَدًّا، فَيَشْتَعِلُ الكُوكُ مُؤَلَّدًا فِي الْبَدْءِ ثَانِي أكْسِيدَ الكَرْبُونِ، ثُمَّ أَوَّلُ أكْسِيدِ الكَرْبُونِ - الَّذِي يَحْتَوِلُ أَكْاسِيَّةَ الحديدِ مُتَّحِدًا فِلِزَّ الحديدِ وَثَانِي أكْسِيدَ الكَرْبُونِ. وَبِهَذَا التَّفاعُلِ الإِحرَارِي، تَرْتَفِعُ دَرَجَاتُ الحَرَارَةِ دَاخِلَ الْفُرْنِ إِلَى ١٩٠٠° س، فَيَنْصَهَرُ الحديدُ وَيَتَجَمَّعُ فِي القَاعِ.

## الحديدُ تَحْتَ المِجْهَرِ

عِنْدَ تَكْبِيرِ نُقْطَةٍ مِنْ حديد الصُّلبِ ٢٠٠ مَرَّةً تَظْهَرُ فِيهَا بَلُورَاتُ الكَرْبُونِ (بِالْأَزْرَقِ). أَمَّا الخَلْفِيَّةُ الحُمْرَاءُ المِلْبِسَةُ فَهِيَ الحديدُ (وَيُدْعَى الفِرِّيْتُ). بَلُورَاتُ الكَرْبُونِ تَجْعَلُ الحديدَ قَصِيْفًا.

## الخَبَثُ

يُضَافُ الحَجَرُ الكَلْسِيُّ إِلَى الْفُرْنِ لِأَنَّهُ يَخْتَرِجُ وَيَتَّحِدُ بِالرَّمْلِ وَالصَّلْصَالِ وَالْحَصَى فِي خَامَاتِ الحديدِ، مُكَوِّنًا قُضَالَةً، تَدْعَى الخَبَثَ، تَطْفُو فَوْقَ المَعْيَنِ المُنْصَهَرِ.

## الشَّوَابِثُ

تَقَاوُصُ الحديدُ المُسْتَخْرَجُ مِنَ الْفُرْنِ العَالِي (الْفُرْنِ السَّفْعِ) تَتَرَاوَحُ بَيْنَ ٩٠ وَ ٩٥ فِي الْمِئَةِ وَالشَّائِلَةُ الرَّئِيسِيَّةُ فِيهِ هِيَ الكَرْبُونُ الَّتِي يَتَّحِدُ بِهَا الحديدُ مِنَ الكُوكِ، فَتُحْمَلُ خَامَاتُهُ لَنَا بِسَبَبِ عَظَمِ الحديدِ إِلَى فُولاذٍ وَفِي أَقَلِّ مِنْ ١,٧ فِي الْمِئَةِ مِنَ الكَرْبُونِ.



هِنْرِي بَيْسَمِرُ  
الْفُولاذُ أَكْثَرُ  
أَشْكَالِ الحديدِ  
اسْتَعْمَالًا، وَقَدْ  
كَانَتْ عَمَلِيَّةُ إِزَالَةِ  
الكَرْبُونِ مِنْهُ بِاهْطَةِ  
التَّكَلُفَةِ. وَفِي عَامِ ١٨٥٦،

ابْتَكَرَ المَخْتَرَعُ الْبَرِيطَانِيَّ، هِنْرِي بَيْسَمِرُ (١٨١٣-١٨٩٨)، طَرِيقَةً رَخيصةً لِإِزَالَةِ مُعْظَمِ الكَرْبُونِ، وَفَلَكِ تَنْقُبِ المِهْوَاءِ غَيْرِ المَعْدِنِ المَنْصَهَرِ فِي مَحْوَلٍ يَحْوِلُ اسْتِثْنَاءً مَحْوَلِ بَيْسَمِرُ، فَيُزِيلُ أكْسِجِينِ المِهْوَاءِ الكَرْبُونِ مِنْهُ.

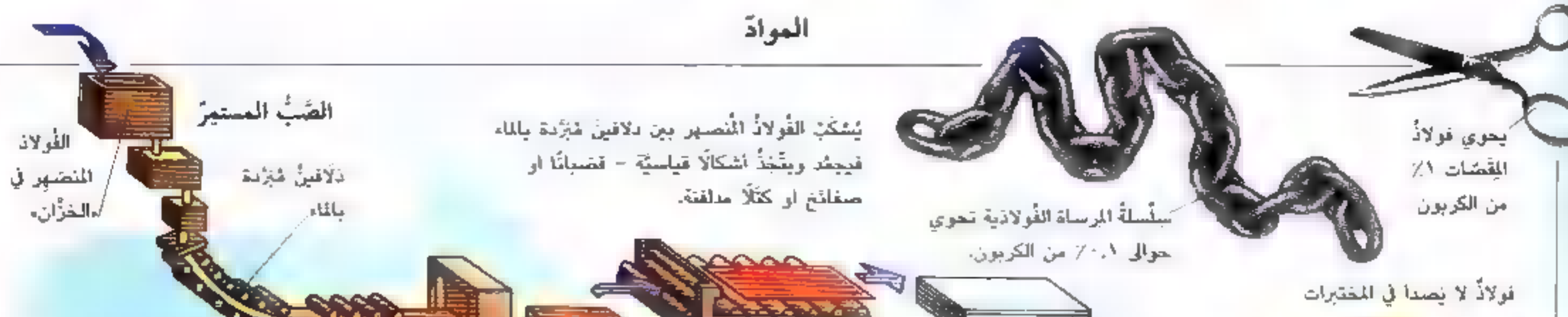
انْمِوْبُ الخَصْفِ حَوْلَ  
الْفُرْنِ يَأْتِيهِ بِهَوَاءِ السَّفْعِ  
الحَارِّ (الَّذِي يَكْتَسِبُ  
الْفُرْنُ اسْمَهُ مِنْهُ).

مِثْرَقَةُ لِنْفَلِ  
الحديدِ المُخَضَّرِ

مَخْرَجُ الخَبَثِ  
الْمُنْصَهَرِ

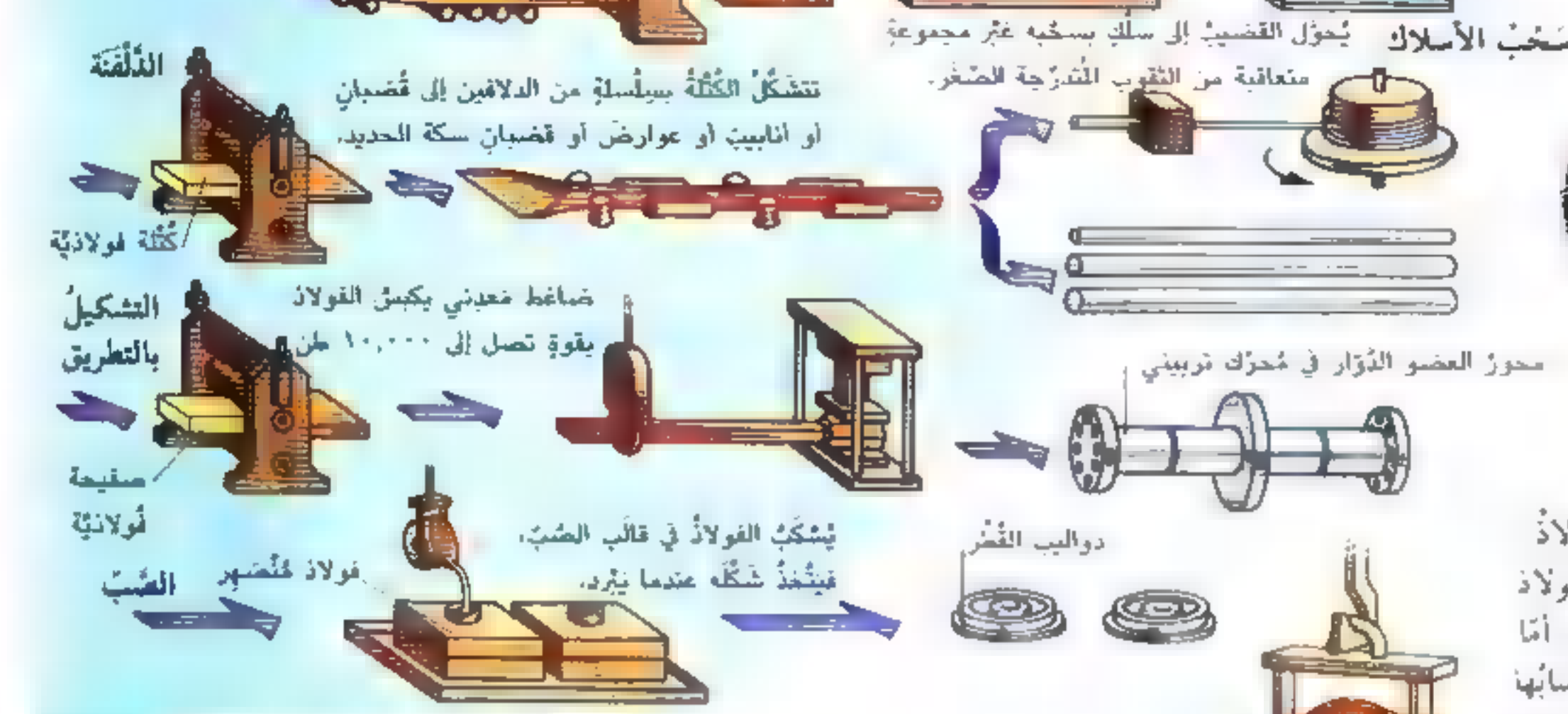






يحتوي فولاد  
المقنصات ٨١٪  
من الكربون

فولاد لا يصدا في المختبرات



## الفولاذ أنواع

هناك نوعان رئيسيان من الفولاذ الكربوني وفولاذ الشبائك. ففولاذ الكربون الخفيف الكربون متينة وسهلة التشكيل، أما العالية الكربون فضلدة وقصبة يمكن إكسابها أطراف قطع حادة. وتتميز خصائص أنواع فولاد الشبائك المختلفة تبعاً لنوع الفلز الذي تُضاف به، ففولاذ الكروم والنيكل هو فولاد لا يصدا صامد للحك والبلى.

يُحقن الأكسجين في  
المعدن المنصهر.

يُتحد الأكسجين مع الكربون في  
الحديد فيولد أول أكسيد  
الكربون. وهذا التفاعل يطلق  
حرارة تبقى الحديد منصهرًا.

تؤلف حُرْدَةُ الفولاذ  
قُرابة ربع الفلز  
المستخدم.

يُزيل الكلس بعض الشوائب،  
كالفوسفور، فيتفاعل معها مُكوِّناً خبثًا  
يطفو فوق الفولاذ المنصهر.

## تشكيل الفولاذ

يُشكّل الفولاذ بطرق  
متنوعة. فبالدقنة تُضغط  
الصَّبّ الفولاذية وتُمدّ صفائح أو أنابيب  
أو شرائح. وبالسحب يُشدّ الفولاذ  
المُدلفن عبر ثقب متفاوت الفطر ليُصنع  
الأسلاك. وبالنصب يُترك الفولاذ في  
القوالب حتى يبرد ويجمد، أما فولاد  
الحدادة فيشكل بالتطريق على الساخن.

## بعد القرن

يُصبّ فولاد المغاريف المنصهر في قوالب  
لصنع الصَّبّ، أو في خزّان يَزوّد عملية  
صَبّ مستمر. مُعظم الفولاذ يُعدّ كتلاً  
ب طريقة الصَّبّ المستمر كونه أرخص وذا  
نوعية أجود. وهذه الكتل يمكن تشكيلها  
بعدد بالدقنة أو التطريق أو الصَّبّ.

صَبّ من الفولاذ

عند اكتمال العملية يَمَلأ القُرْن  
لصَبّ الفولاذ في أوعية (أو مغاريف)  
السكب. فما الحسّ فيزَال بقلب القُرْن رأساً على عقب.

## القرن الأكسجيني القاعدي

يجري تحويل الحديد إلى فولاد في مُعظمه حالياً في  
القرن الأكسجيني القاعدي. فيُصبّ في القرن مزيج  
من الحديد وحُرْدَةُ الفولاذ ويُنقث الأكسجين فيه.  
فيُتحد الأكسجين مع كربون الحديد، مُزيلًا مُعظم  
الكربون من الحديد كأول أكسيد الكربون. إن بمقدور  
قرن من هذا النوع إنتاج قُرابة ٣٥٠ طناً من الفولاذ في  
مدى ٤٠ دقيقة فقط.

## الفولاذ

### تحت المجهز

تُبين الصورة المُقابلة فولادًا  
خفيف الكربون. يحتوي  
٨٧٪ من الكربون. وتباين  
بنية الفولاذ ونسجته تبعاً لكميات  
الكربون المتفاوتة فيه وبطريقة تبريده.

### لمزيد من المعلومات انظر

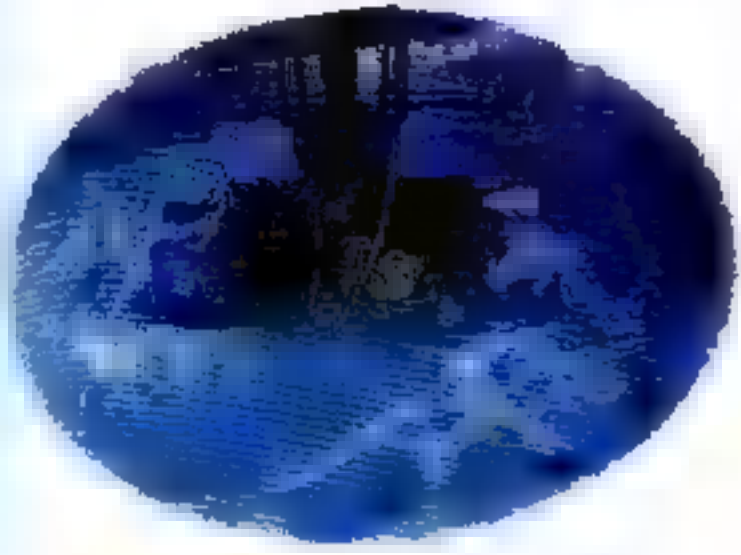
- الفلزات الانتقالية ص ٣٦
- الكربون ص ٤٠
- الأكسدة والاختزال ص ٦٤
- سلسلة التفاعلية ص ٦٦
- مُنتجات الفحم ص ٩٦
- المُصهور الرُسوية ص ٢٢٣
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٦



# النحاس

النحاس حوالينا، وقد لا نراه، حيثما هنالك نور أو جهاز كهربائي. فجدران المباني، ومختلف المؤسسات، وسقوفها تحوي أسلاكاً نحاسية توصل التيار إلى مختلف المقاييس والتركيبات الكهربائية فيها. يوجد النحاس خاماً في الطبيعة بنقاوة تتراوح بين ٠,٥ إلى ١٪. وهذا يعني أن إنتاج النحاس العالمي، المقدّر بـ ٩,٦ مليون طن، يقتضي معالجة أكثر من ألف مليون طن من الخام الصخري لاستخراجه!

الكثكوبيريت خام كبريتيدي - يحوي النحاس مشحدا بالحديد والكبريت.



## التضويل

نماذج خامات الأكاسيد النحاسية بالتضويل، فبرّد عليها حامض الكبريتيك الذي يذيب النحاس دون الشوائب الصخرية. ثم يُنقى محلول كبريتات النحاس الناتج بالكهرلة.

## كاري إفرسون

يحوي الخامات مزيجاً من الفلزّات الثقيلة والشوائب الصخرية. وقد ابتكرت المعلمة الأمريكية، كاري إفرسون، عام ١٨٨٦، طريقة لفصلها. لقد طحنت الخام ومزجته بزيوت وحامض، فحصلت بذلك على زبد إغاثي نستعمل في الفلزّات الثقيلة ونظفوه، بينما ترسّبت الشوائب الصخرية في القاع.



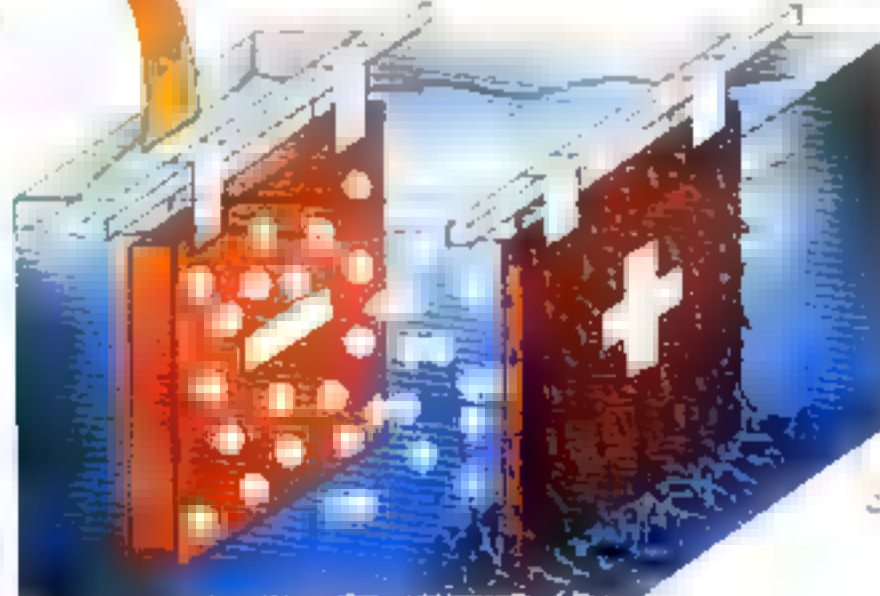
كاري إفرسون

## استخراج النحاس

يُستخرج معظم النحاس من خام كبريتيدي يحوي الحديد والكبريت والنحاس. ينفث الهواء الحارّ داخل الفرن لفصل النحاس عن الحديد والكبريت اللذان يتفاعلان مع الأكسجين ليؤثرا أكسيد الحديد وثاني أكسيد الكبريت. تاركين فلزّ النحاس المنصهر في القاع. هذا النحاس، ويُعرف بالنحاس المنقّط، تصل نقاوته إلى ٩٨ في المئة. وللنقاوة الكاملة يُصار إلى عملية الكهرلة (التحليل بالكهرباء) لإزالة الشوائب المتبقية.



بنحمة النحاس النقي حول الكاثود (المهبط) - الألكتروليت السالب



محلول من كبريتات النحاس وحامض الكبريتيك.

ترنحل أيونات النحاس باتجاه الكاثود

يُجعل النحاس المنقّط (مصبّغاً) - الكاثود موجباً

تتكسر ذرات النحاس بطريقة منتظمة لتكوّن بلورات. إن الطريقة التي تتشكّل بها البلورات هي التي تجعل النحاس قابلاً للتطريق والسحب والتشكيل.

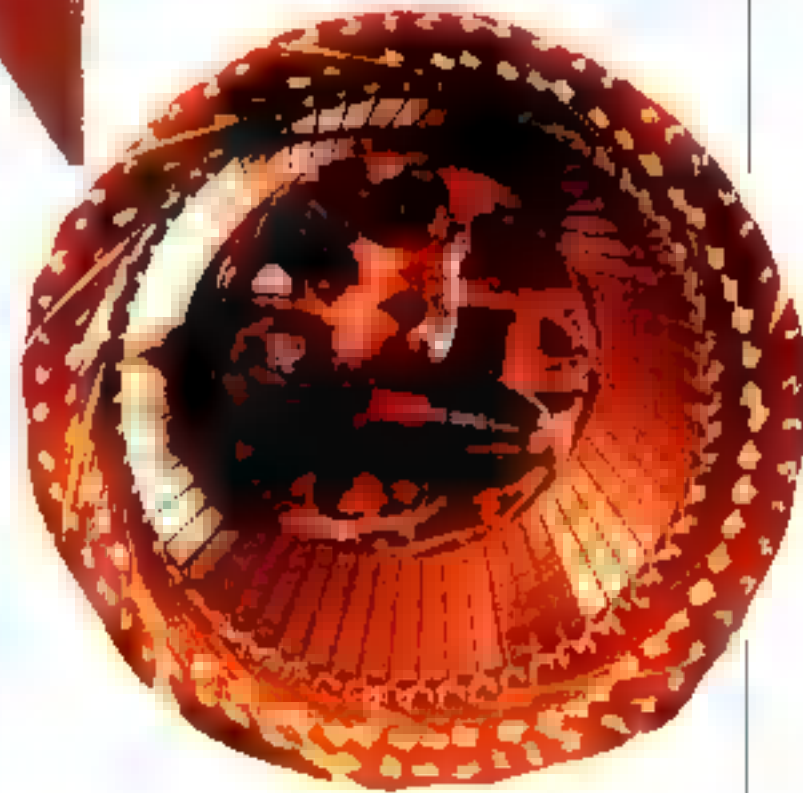
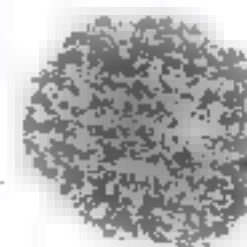
تنحرف الشوائب كدادة في القاع

ذهب



فضة

بلاستيك



## استعمالات النحاس

النحاس موصل جيّد للحرارة والكهرباء. لذلك يُصنّع منه مختلف أنواع المفاتيح والطاخر، كما جميع أنواع أنابيب المياه الساخنة في المنازل والمصانع. كذلك يُستخدم النحاس لصنع المانط الكهربائية المخلّعة كمامعات الصواعق وملفات المحركات الكهربائية. والنحاس بطبيعته لا يصدأ بسهولة، فبدوم طويلاً.



## الكهرلة (التحليل بالكهرباء)

يُنقى صفائح النحاس المنقّط بالكهرلة، فتُعالق الصفائح بالكاثود موجب (أو أنود) في محلول من كبريتات النحاس وحامض الكبريتيك. ويعبرور الكهرباء عبر المحلول، يذوّب نحاس الأنود ويتجمّع نقيّ حول الألكتروليت السالب (أو الكاثود)، بينما ترسّبت الشوائب كدادة في القاع.



صورة مخبرية للنحاس

## لمزيد من المعلومات انظر

- الفلزّات الانتقالية ص ٣٦
- سلسلة التفاعلية ص ٦٦
- الكهرلة (التحليل بالكهرباء) ص ٦٧
- المباني ص ٨٨
- حامض الكبريتيك ص ٨٩
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٦

## منتجات ثانوية في النحاس

الذهب والفضة والبلاتين فلزّات نادرة تتواجد نقيّة في الطبيعة. لكن تستخرج كميات مهمة من هذه الفلزّات من الكدادات الناتجة خلال كهرلة النحاس.



# الألومنيوم

الألومنيوم أكثر الفلزات وفرة في الأرض، ويوجد في أنواع الصخور المختلفة؛ لكن معظم الألومنيوم يُستخرج من البوكسيت. وكون الألومنيوم يتحد مع غيره من العناصر بسهولة فإن فضله كفلز نقي يتطلب قدرًا كبيرًا من الطاقة. فقبل أن يكتشف الكيماويون طريقة رخيصة لاستخراجه، عام ١٨٨٦، كانت أسعاره تفوق أسعار الفضة والذهب بكثير. ونظرًا لخصائصه المتميزة، يُستخدم الألومنيوم اليوم في مختلف الصناعات - من الأواني المنزلية إلى الكبلات الكهربائية وأجزاء السيارات والطائرات.



في هياكل الدراجات  
الألومنيوم سهل التشغيل  
والتشكيل، وهو في هياكل  
الدراجة الأنوبي يوفر لدراج  
السباقات دراجة خفيفة الجفة.

طول الخلية الإلكترونية  
الواحدة ٩ أمتار وعرضها ٤  
أمتار. وتتخذ أوداث الكربون  
في الكربوليت المنصهر.

يمر التيار الكهربائي عبر  
السانل طارداً الأكسجين من  
أكسيد  
الألومنيوم نحو  
الأنودات  
(الإلكترودات  
الموجبة)

يتجمع الألومنيوم  
المنصهر حول  
الكاثود الكربوني  
الذي يُنتج غاز  
الخلية الإلكترونية  
وجوانبها.

يُجمع الألومنيوم  
ويستخدم في صنع  
العديد من المنتجات،  
كما يُعاد تدويره  
بسهولة.



تكون البوكسيت، خام  
الألومنيوم الرئيسي، بفعل  
التجوية وتفتت الصخور  
الحاوية لسيليكات الألومنيوم  
على مدى مئات طويلة.

## إستخراج الألومنيوم

يُستخرج الألومنيوم من البوكسيت بعملية باير متبوعة بالكهرلة. ففي عملية باير، يُمزج البوكسيت مع الصودا الكاوية ويُسخن، فينتج عن ذلك بلورات سكرية الشكل من أكسيد الألومنيوم النقي. ثم تُذاب هذه البلورات في الكربوليت (الوميئات الصوديوم الفلوريدية) المنصهر. ومن ثم تنفك هذه البلورات بالكهرلة إلى ألومنيوم وأكسجين.



يستخدم هذا  
الدولاب الضخم  
لاحتراق البوكسيت  
من قشرة الأرض.

يكثر خام  
البوكسيت  
إلى قطع  
صغيرة.

يُضاف هيدروكسيد الصوديوم  
إلى البوكسيت ثم يُسخن إلى  
حرارة كبيرة يُدعى الهضام.

الضغط العالي والحرارة يُمكنان  
هيدروكسيد الصوديوم من «هضم»  
البوكسيت (أي تفكيكه إلى مكوناته).  
فيذوب أكسيد الألومنيوم، من الخام،  
مُكوّنًا محلولاً من الوميئات الصوديوم،  
بينما يُزيل المرشح الشوائب غير الذوابة.

## كيماويان مُتزمانان

في عام ١٨٨٦، اكتشف الكيماويان الشبان شارلز مارتين هول (١٨٦٣-١٩١٤)، التلميذ في معهد أوبرل في الولايات المتحدة الأمريكية، و. ب. ل. ت. هيرولت (١٨٦٣-١٩١٤)، الكيماوي الشاب الذي كان يعمل في فرنسا - اكتشافاً مُستقلين الطريقة الكهربائية لاستخراج الألومنيوم. فخفض اكتشافهما ثمن الألومنيوم إلى جزء من ثمن الفضة في غضون أربع سنوات. ومن غرائب الصدق أنهما لم يتوصلا إلى اكتشافهما

ذاك وهما في العمر  
نفسه فقط، بل إنهما  
ماتا في العام نفسه،  
فارقا ثمانية أشهر  
واحدهما عن الآخر.



## إستعمال الألومنيوم

عندما يتعرض سطح الألومنيوم لأكسجين الهواء، تتكون طبقة سميكة من أكسيد الألومنيوم، تمنع عنه الهواء وتوقّف تآكل السطح بالصدأ. والألومنيوم فلز متين وخفيف وموصل جيد للكهرباء، لذا يُستخدم في صنع أجزاء الطائرات والسيارات والشاحنات والكبلات الكهربائية.



### لغزيب من المعلومات أنظر

- الفلزات الوضعية ص ٣٨
- سلسلة التفاعلية ص ٦٦
- الكهرلة (التحليل بالكهرباء) ص ٦٧
- صناعة الكيماويات ص ٨٢
- السبائك ص ٨٨
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٦



# السبائك

كان من مُعِيقَات المُحَارِبِ القديم قبلَ عصرِ الحَديد (قبل ١٠٠٠ ق.م.) اضطراره لِلتوقُّف عن القتال خلال المعركة لِتَقْوِيم سِيفه البرونزي - عِلْمًا أَنَّ البرونز أكثرُ صَلَادةً من النُّحاس؛ إِنَّ مُعْظَمَ الفِلِزَّاتِ النقيَّةِ هي فِلِزَّاتٌ ضعيفة لينة، لكن عندما يُمزَجُ فِلِزَّانِ طَرِيَّانِ فالسبيكةُ الناتجةُ أَصلبُ من كُلِّيهما. وتَغيَّرُ خصائصُ السبيكة بتَغيُّرِ كَمِّيَّاتِ الفِلِزَّاتِ الداخِلةِ في مَزيجها. وتتألَّفُ مُعْظَمُ السبائكِ من فِلِزَّينِ أو أكثر، لكنَّ بعضَها قد يحوي لافِلِزًّا كالكَربون، كما هي الحالُ في سبائكِ الفولاذ.



## السبيكة الأولى

منذُ حوالي ٦٠٠٠ سنة، اكتشفَ الناسُ أَنَّ النُّحاسَ يَزيدُ صَلَابةً عندَ مَزاجِهِ بالقصدير. وظلَّ استعمالُ تلكِ السبيكةِ البرونزية على مُجملِ الاستِخداماتِ المَعْدِنِيَّةِ حِينَئِذٍ حَتَّى دُعيَ ذلكَ العَصْرُ بالعَصْرِ البرونزي.

إنَّ مَزَجَ الألومنيومِ بالمغنيسيومِ والنُّحاسِ يُوفِّرُ هيكلاً خفيفاً للطائرات - هو من القوَّةِ والمتانةِ بحيثُ يَصُفِّدُ لِسرعةِ الرياحِ العاليةِ وصدماتِ الخطأ.



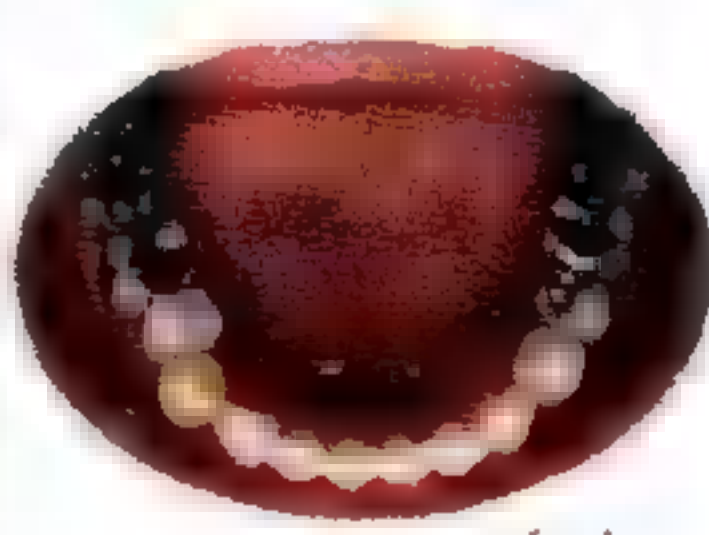
## دَرَجَاتُ الحرارة العالية

تَقطَعُ لُفَّةُ الثَّقبِ مسارَها عِبرَ الموادِ المُشْلِبَةِ، مُدَوِّمةً آلافَ الثَّغراتِ في الدَّقِيقَةِ، وتوفِّرُ سبيكةَ كَربيدِ التَنجِسْتِنِ التي تَزيدُ درجَةَ انصهارِها على ٢٩٠٠°س صَلَادةً لِلقيامِ بِذلكِ.



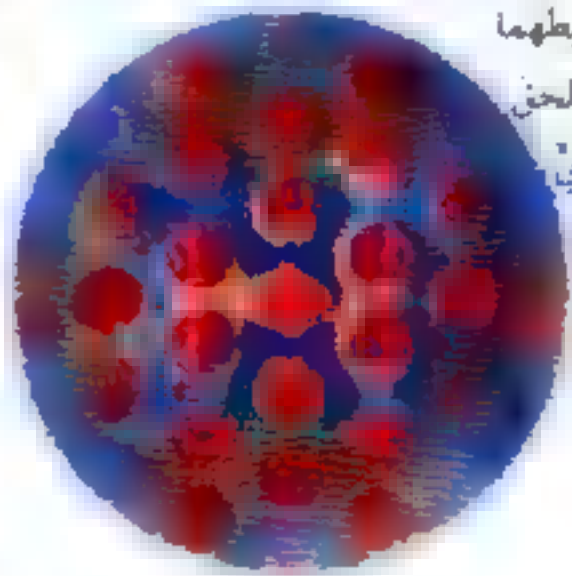
## دَرَجَاتُ الحرارة الخفيفة

سبيكةُ اللَّحَامِ التي هي مَزيجٌ من القصدير والرصاصِ مثاليَّةٌ لِوَضَلِ طَرَفَينِ فِلِزَّينِ بَعْضُهُما مع بَعْضٍ، إِذْ إِنَّ درجَةَ انصهارِها أَخْفَضُ من كُلِّا درجتَي انصهارِ فِلِزَّيْها النقيَّين. فهي إِنَّمَا تَوَلَّفُ جِسْرًا بينَ الطَرَفَينِ اللَّذَيْنِ تَربِطُهُما دونَ أنْ تُلْحِقَ الضررَ بِأَيٍّ



## سبيكةُ الأسنان

يُستَخدَمُ أطباءُ الأسنانِ المُلْتَمَمُ - وهو سبيكةٌ من الزنكِ والفضةِ والقصديرِ والخارصينِ والنحاسِ - في خِطِّهِمِ التَجاويفِ السَّنِيَّةِ. وهذا المُلْتَمَمُ يُمكنُ تَشكيلَهُ، كالمعجونة، لِتَلتَمَمَ مع كِفافِ الأسنانِ قبلَ أنْ يَتصلَّبَ.



## سبائك الطائرات

تَتطلَّبُ هياكلُ الطائراتِ الثَّغانةِ سبائكٌ خفيفةٌ لجعلِ الإقلاعَ سَهلاً واستِهلاكِ الوقودِ خَفِيفاً. كما تَتطلَّبُ محركاتُها سبائكٌ خاصَّةٌ تَصُمَدُ لِدرجاتِ الحرارةِ العاليةِ. إِنَّ شَفَرَاتِ التَربِيبِ في مُقَدِّمةِ المَحْرُوكِ مثلاً، التي تَدوِّمُ بِسرعةٍ كبيرةٍ، تُسَقِّطُ الهَوَاءَ إلى الداخلِ على دَرَجَاتِ حرارةٍ تَصِلُ إلى ٦٠٠°س.

## صُنْعُ السبائك

تُصنَعُ مُعْظَمُ السبائكِ بِصُفْرِ الفِلِزَّاتِ ومَزَجِها بِبَعْضِها مع بَعْضٍ - شَرَطُ الأَ بِدَأِ أَحَدِ الفِلِزَّينِ بِالغَلِيانِ قَبْلَ أنْ يَنْصَهَرَ الآخرُ. فَيُصنَعُ النُّحاسُ الأصْفَرُ مثلاً، بِسَقْطِ الخارصينِ الجامِدِ في النحاسِ المنصهرِ. أمَّا إِذا أُحمِيَ مَعاً فَإِنَّ الخارصينَ قد يَتَبيَّخُ كُلَّهُ قبلَ انصهارِ النُّحاسِ.

يَدوِّبُ فِلِزًّا السَّيْكِةَ واحِدُهُما في الآخرِ، وتَمزِجُ ذَرَاتُهُما بِخَرِيقَةٍ وتَتَشابَكُ مَعاً لِتَشكُلَ بَلُورَاتٍ قويَّةً عندما تَبَرَدُ.

## لمزيد من المعلومات انظر

- الترابط الكيميائي ص ٢٨
- الفِلِزَّاتُ القَلَوِيَّةُ ص ٣٤
- الفِلِزَّاتُ الأَنْقَالِيَّةُ ص ٣٦
- الفِلِزَّاتُ الوَضِيعَةُ ص ٣٨
- مِيسِلَةُ التَفاعُلِ ص ٦٦
- حقائق ومعلومات ص ٤١٦



# حامض الكبريتيك

العلاقة المشتركة بين الأسمدة والدهانات والمتفجرات والمُنظفات هي أن حامض الكبريتيك يدخل في تصنيع كل منها. فحامض الكبريتيك من المواد الهامة جدًا للصناعة بحيث قلما ترى حولك شيئاً لم يدخل هذا الحامض في صناعته. حامض الكبريتيك لا يتواجد طبيعياً، بل يُصنع، ويتلغ ما يُنتج منه سنوياً قرابة ١٥٠ مليون طن. ومما يجعل تصنيعه قليل التكلفة أن الحرارة المهدورة في إحدى مراحل عملية تحضيره يمكن استخدامها كمصدر حراري للمرحلة التالية.

الكبريت هو المادة الأولية الرئيسية لصنع حامض الكبريتيك إضافة إلى الماء والهواء.

حرارة بخار الماء الساري في الأنبوب الملولب تصهر الكبريت قبل أن يوزن في داخل الفرن.

المبادل الحراري

يُشغّل الهواء الجاف إلى داخل الفرن فيتحكم أكسجين الهواء بالكبريت مولداً غاز ثنائي أكسيد الكبريت.

في المخول تزداد كميات إضافية من الأكسجين لتحويل ثاني أكسيد الكبريت إلى ثالث أكسيد الكبريت.

جان أنطوان شبتال

في القرن الثامن عشر أخذت المصانع تستخدم حامض الكبريتيك في صنع الجبس والأصباغ والأزوار. ولحق الكيميائي الفرنسي، جان أنطوان شبتال (١٧٥٦-١٨٣٢) الحاجة إلى تصنيع حامض الكبريتيك على نطاق واسع لاستخدامه في تلك الصناعات وبسواها من الصناعات المتسارعة النمو. وقد تم له في الفترة بين ١٧٨٠ و ١٧٩٠ إقامة أول مصنع لإنتاج حامض الكبريتيك تجارياً في موبليه، فرنسا.

جهاز الانقياص

يقطر ثالث أكسيد الكبريت غليظ زناً من حامض الكبريتيك الذي يمتصه ليغدو حامضاً مركزاً غليظاً يُدعى الأوليوم.

كيميائياً يمكن إضافة ثالث أكسيد الكبريت إلى الماء مباشرة لإنتاج حامض الكبريتيك، لكن التفاعل يكون عنيفاً وخطراً.

يُخفف الأوليوم (حامض الكبريتيك المدخن) بالماء للحصول على حامض الكبريتيك بالتركيز المطلوب.

المخول

تصنيع الحامض

هناك ثلاث مراحل في تصنيع حامض الكبريتيك. ففي المرحلة الأولى، يُحمى الكبريت والهواء لتحضير ثاني أكسيد الكبريت. وفي المرحلة الثانية التي تُعرف بطريقة الثلاثس، يُمزج ثاني أكسيد الكبريت مع الهواء لإنتاج ثالث أكسيد الكبريت. وأخيراً، يُذاب ثالث أكسيد الكبريت في حامض الكبريتيك ليؤلف حامض الكبريتيك المدخن (الأوليوم)، الذي هو شكل فائق التركيز من حامض الكبريتيك.

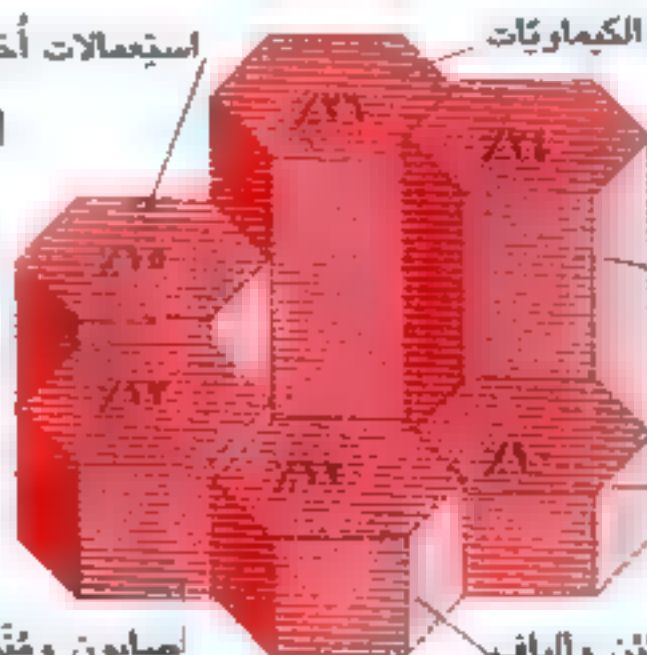
استعمالات حامض الكبريتيك

حامض الكبريتيك مهم جداً في الصناعة لأنه يتفاعل بسرعة مع المواد الأخرى، مزيلاً الفلزات والأكسجين والماء والمواد الأخرى غير المرغوب فيها. فضلاً عن استعماله في تصنيع العديد من الكيماويات، يُستخدم حامض الكبريتيك في بطاريات السيارات وفي تكرير النفط وتطهير الفلزات.

استعمالات أخرى

تصنيع الكيماويات

الرايون (الحرير الصناعي) يُصنع الرايون من عجينة الخشب مذابة في مزيج من الماء والصودا الكاوية وثاني كبريتيد الكربون. ويُفغ السائل الحاصل اللزج (الفيسكوز) عبر هذا الرأس المثقب (به ١٠ آلاف ثقب) إلى مغس من حامض الكبريتيك ليتصلب خيوطاً.



اصباغ وحضب

لدائن واليايف

لزيد من المعلومات انظر

الكبريت ص ٤٥  
الحفازات ص ٥٦  
الأكسدة والاختزال ص ٦٤  
الحوامض ص ٦٨  
الأمونيا ص ٩٠



# الأمونيا

إن تنشق نَفْحَةً من الأمونيا (أو غاز النشادر) تدرك كم هي نفاذة رائحته. وفي القرن التاسع عشر كان غاز النشادر (الذي هو مركب عديم اللون من النتروجين والهيدروجين) يُستخدم في أملاح النشادر لإنعاش من يُعفى عليه. واليوم غدت الأمونيا مادة أولية مُهمّة في العديد من العمليات الكيميائية ولمنتجاتها - وبخاصة الأسمدة - التي تستفيد قسماً كبيراً من الإنتاج السنوي للأمونيا، البالغ ١٤٠ مليون طن. هذه الأسمدة توفّر للنباتات النتروجين الضروري لنموها. والواقع أن نقص الأسمدة النتروجينية ومسيّس الحاجة إليها كانا الدافع إلى تطوير صناعة الأمونيا على نطاق واسع. ويبلغ ما تنتجه المصانع الحديثة منها يومياً مئات الأطنان.



**مُكوّنات الأمونيا**  
الهيدروجين والنتروجين هما المادّتان الأساسيتان في صنع الأمونيا. ويُحضّر الهيدروجين بتفاعله مع بخار الماء. أما النتروجين فيستخلص من الهواء.



كارل بوش

فريتز هابر وكارل بوش

في عام ١٩٠٨، استخدم الكيميائي الألماني، فريتز هابر (١٨٦٨-١٩٣٤)، الجهاز المصنوع (إلى اليمين) لإنتاج الأمونيا. ولم يكن تفاعل النتروجين مع الهيدروجين عملية سهلة، لكن هابر نجح في تهبة الظروف اللازمة مخبرياً لإحداث التفاعل. وبعد خمس سنوات، طوّر الكيميائي الصناعي الألماني، كارل بوش (١٨٧٤-١٩٤٠)، جهاز هابر المخبري إلى الحجم الصناعي. فكان عليه أن يصنم مُعدّات ضخمة ومتينة لتحمل الضغوط العالية ودرجات الحرارة المرتفعة اللازمة لتصنيع الأمونيا.



جهاز هابر لصنع الأمونيا

## صنع الأمونيا

تُصنّع الأمونيا اليوم في مصانع لا تزال تعتمد التصميم الأساسي التي وضعها بوش. وعملية التصنيع مُعقّدة مُتعددة المراحل، من ضمنها تنقية النتروجين والهيدروجين. أما المرحلة الأكثر أهمية فهي تحويل الغازين إلى أمونيا؛ وكان بوش قد أجرى ٦٥٠٠ تجربة ليجد أن الحديد هو الحفّاز الأفضل لتسريع التفاعل بينهما.

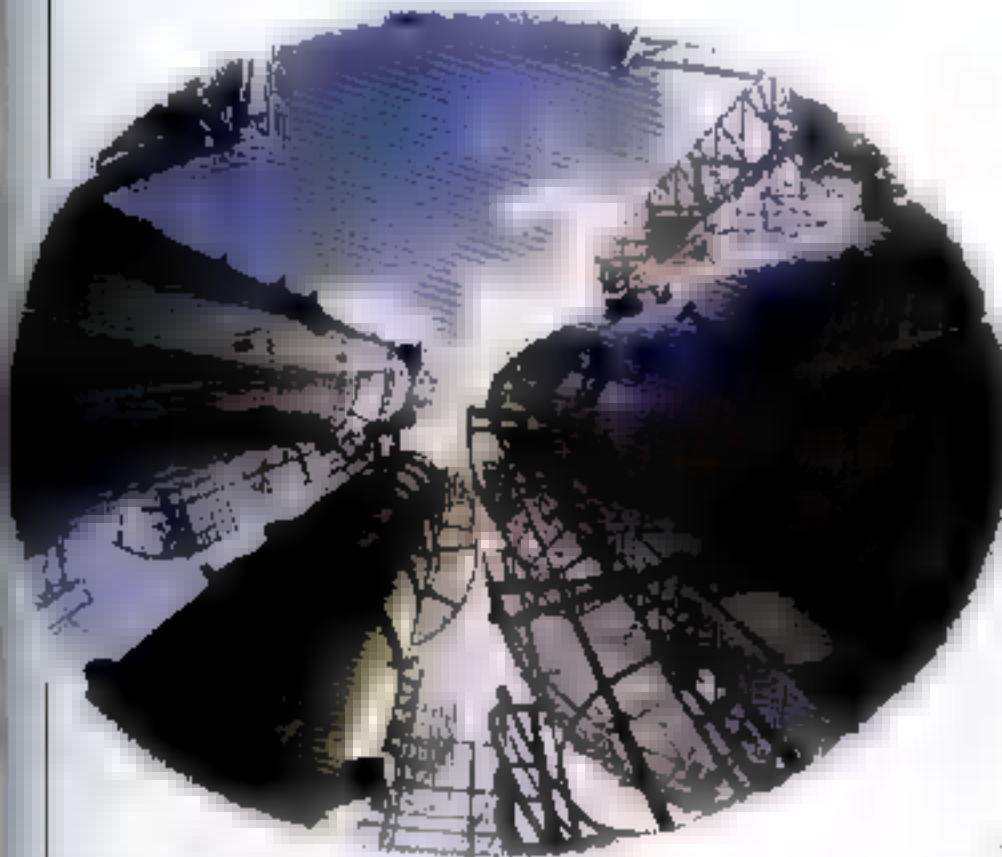
## استعمالات الأمونيا

فضلاً عن أهميتها في تصنيع الأسمدة فللأمونيا استعمالات أخرى متعددة - إذ تُحوّل كمّيات كبيرة منها لإنتاج حامض الشريك. وهذا الحامض أساسي في صناعات النّيلون والورنيش واللاكيه والمُتفجرات ووقود الصواريخ. كما تُستخدم البوريا، المُصنّعة من الأمونيا وثاني أكسيد الكربون، كغذاءٍ تكميلي للحيوانات الداجنة، وفي تصنيع اللدائن.

نيلون

حامض الشريك

استعمالات أخرى



مصانع الأمونيا الحديثة ضخمة ومعقّدة. في التجهيزات المنيّة اعلاه يتم إزالة ثاني أكسيد الكربون من الهيدروجين - وما هذه إلا إحدى المراحل في تحضير إحدى المادتين الأوليتين من الميثان.

مبدئياً يتحوّل أقل من ثلث الهيدروجين والنتروجين إلى أمونيا. لكن يُعاد تدوير البقايا اللامتناعلة تكراراً حتى تفتج الأمونيا.

نيتروجين نقي

يُدفع الغازان الشاخنان عبر حجرة حفز يبلغ ارتفاعها ٣٠ متراً.

حجرة التبريد.

تُبرد الغازات حتى تتسبّل الأمونيا ويمكن إخراجها.

عندما يغسل الغازان الشاخنان الحفّاز (كرات الحديد الصغيرة في حجرة الحفّز) تتجانب جزيئاتهما وتتفاعل لتنتج الأمونيا.

## من حمض إلى سماد

يُستخدم المزارعون أملاح الأمونيوم كسماد كيميائي.

وتُصنّع هذه الأملاح بمزج الأمونيا مع حمض الشريك الساخن، ثم يُنزل المحلول من أعلى برج رشّ لتساقط القطرات في تيار صاعد من الهواء البارد مُكوّنة حبيبات مُكوّرة من نترات النشادر.



## لمزيد من المعلومات انظر

- الترابط الكيميائي ص ٢٨
- النتروجين ص ٤٢
- الهيدروجين ص ٤٧
- الحفّازات ص ٥٦
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٦



# الكيمياء الزراعية

كثير من الطعام الذي نتناوله نتج أو أُنتج بمساعدة الكيماويات التي توفرها الصناعات الكيماوية - من أسمدة تحوي معادن مختلفة لا يزدهر نمو النباتات، أو تزدهر غلاتها وتزكو، بدونها، إلى كيماويات تتحكم في انضاج الثمار كي لا تفسد قبل أكلها، إلى مغذيات كيماوية إضافية تُسرّع وتُعزز نمو الحيوانات الداجنة وتجنبها الأمراض. غير أن كثيراً من الناس تقلقهم كمية الكيماويات المستخدمة في إنتاج الأطعمة. فتزايد استخدام الأسمدة الكيماوية مثلاً يؤدي إلى تلوث المياه، كما إن بعض المبيدات قتال للنباتات والحيوانات غير المؤذية ويعرض البيئة وصحة الناس للخطر.



## الأطعمة الكيماوية

بالإضافة إلى طعامها الطبيعي، تُعطى حيوانات المزارع خبيات مغذية من الكيماويات تحوي شتروحيناً إضافياً يُساعد في تقويتها وتسريع نموها.

## مبيدات الحشرات

يقتل المبيد الحشرات بإحدى طريقتين - مَساً بمبيدات التماس أو سُماً بالسُّموم المعديّة، أو اختناقاً بالمُذخّعات السامة.



تفتك الحشرات بمزروعات الذرة.

قد تتلف الفطر محصول حقل القمح بكامله.

## مبيدات الفطر

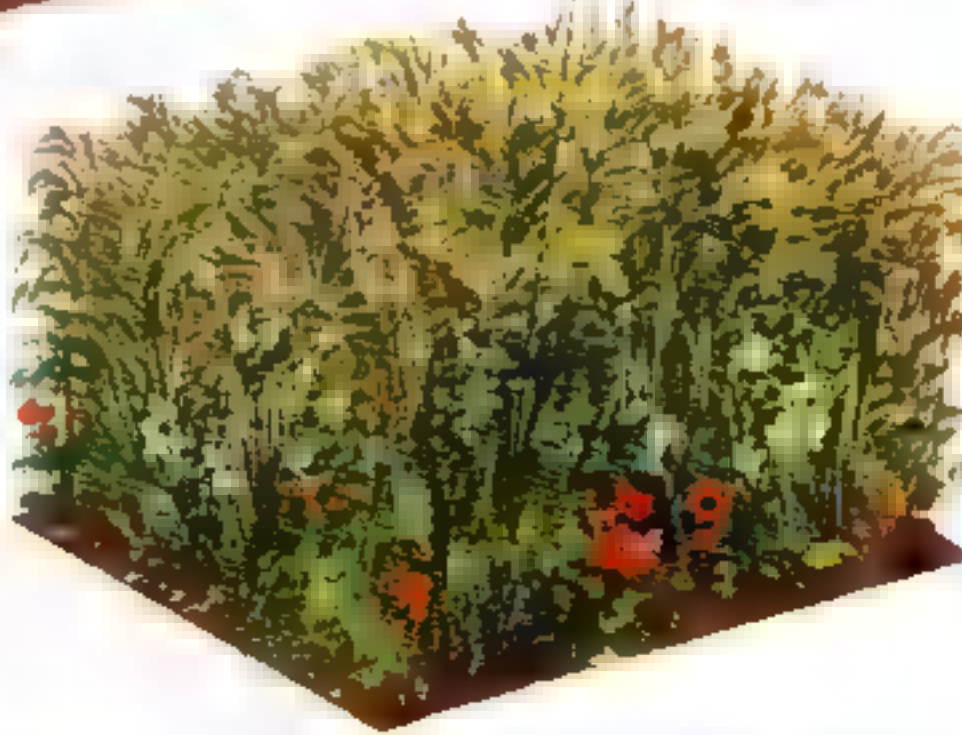
مبيدات الفطر كيماويات عضوية، قد تحوي الخارصين والمنغنيز والحاس، يرشها المزارعون على مزارعهم أو يضعونها في التربة. وبذلك تُمنع الفطريات من الانتشار وإتلاف كامل المحصول.



تحدث الأعشاب الضارة النباتات الأخرى من الحيز ومن الطعام.

## مبيدات الآفات

كُلُّ كائن حي يُعطل نمو المزارعات أو المواشي يُدعى آفة. فقد تكون الآفة حشرة تُنافس المزارعات على الفضاء والماء والمعادن، أو فطراً يفسد خيوطه الماصّة غير أنسجة النبات فيتلفها، أو حشرة تُفَضِّمُ مساراتها خلال أوراق النبات وثماره وجذوره. ولتقليل أعداد هذه الآفات والحَدُّ من أضرارها يعمد المزارعون لاستخدام المبيدات - وهي كيماويات مُصمّمة لتعطيل واحد أو أكثر من التفاعلات الحيوية في جسم الآفة.



## مبيدات الأعشاب الضارة

المبيدات تقتل الأعشاب الضارة بطرق متنوعة. فبعض المبيدات يُعطل عملية التخليق الضوئي فيجرح الأعشاب من تخليق غذائها. وتعمل مبيدات أخرى بتسميم خلايا النسيج الإنشائي في رءوس جذور تلك الأعشاب ويرجع أعضائها.

## كيماويات لتعزيز المحاصيل

توفر الأسمدة شتى المعادن التي تحتاجها النباتات. ولكل معدن تأثيره الخاص في تعزيز النماء خضرياً أو إثمارياً. ولاختبار تأثير سماء معين في هذا الصدد، يقوم المزارعون بمقارنة نمو وغلة مجموعتين من النباتات سُمدت إحداهما بالسماد المعين.

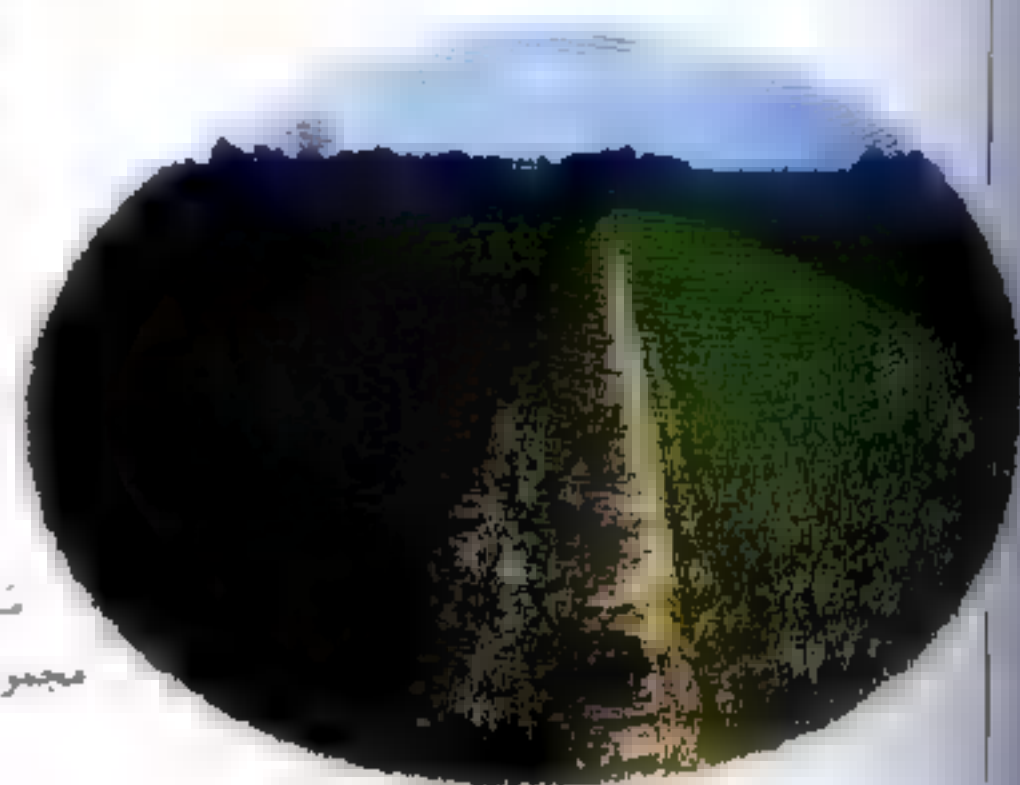


عشب (طحلب) بحري

## الزراعة العضوية

لا تتلقى زروع ومواشي المزرعة العضوية أي كيماويات اصطناعية - عشب (طحلب) بحري

ولا كمغذيات إضافية. فالمزارعون العضويون يعالجون التربة بالأسمدة الطبيعية (كالزبل) لتوفير المعادن اللازمة لمحاصيلهم. كما يعتمدون أسلوب تناوب الزروع سنوياً في حقولهم لتفيد الزروع المُداورة على التوالي من مختلف المعادن الموجودة في السَّماد. وهذا الأسلوب يقطع أيضاً دورة حياة الآفات الزراعية ويخفّض أعدادها. أما المغذيات الإضافية فتحصل عليها حيوانات المزرعة العضوية من الكيماويات الطبيعية المتواجدة في الأعشاب والطحالب البحرية.



## لمزيد من المعلومات انظر

- الفيلزات القلوية ص ٣٤
- الشتروحين ص ٤٢
- الفُفُور ص ٤٣
- القلويات والقواعد ص ٧٠
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٦



# صناعة الأغذية

لعلَّ مُعظمَ ما تناولته من طعام اليوم كان قد جُمِعَ من حقلٍ أو مزرعةٍ قبلَ عدَّةِ أسابيعٍ أو حتى أشهرٍ، لكنَّه لا يزالُ جيِّدًا طيِّبَ المذاق. فصناعةُ الأغذية تعالجُ الكثيرَ من أطعمتنا بالكيماويات ليبقى سليماً صالحاً للأكل - منظرًا ومذاقًا - وهو بدونِ ذلك مُعرَّضٌ لِتسرُّبِ الميكروبات (كالجراثيم والفطريات) التي تُسرِّعانَ ما تفسدُه مُحيلةً إياه، كُلَّه أو بعضه، إلى مُركَّباتٍ كريهة المذاق والمَظهر، وربما سامةٍ أيضًا. لقد بدأ الإنسانُ معالجةَ الأغذية بالتعليب والتجفيف والتدخين منذُ آلاف السنين ليحفظها

قوتًا له في أشهر الشتاء العجاف. واليوم، تقدَّمت صناعةُ الأغذية ووسائلُ نقلِها بحيث غدت متاجرنا تعرضُ مُختلفَ أنواع المأكولات، من سائر أنحاء العالم، على مدار السنة.



**التجفيد (التجفيف المُجمَّد الخوائي)**  
يعتمدُ رِزادُ الفضاء على الطعام المُجمَّد. ففي طريقة التجفيد، يُجمَّد الطعام أولًا ثم يُجفَّف على ضغطٍ خفيفٍ، يمكنُ حفظ الطعام المُجمَّد على درجة حرارة الثَّفرقة، لأنَّ الجراثيم لا تستطيع العيش بدون ماء.



يُنقل الحليب  
مباشرةً إلى معامل الرَبدة  
والجُبْن



## البَشْرة

الغليان يقتل الجراثيم، لكنَّه يُثَلِّف بعض المُغذَّيات أيضًا. أمَّا في البَشْرة، فتُخفَى السوائل، كالحليب، إلى درجة ٧٠° س لمدة ١٥ ثانية ثم تبرَّد بسرعة. بهذه الطريقة تُبَاد الجراثيم وتُحفظ النكهة.

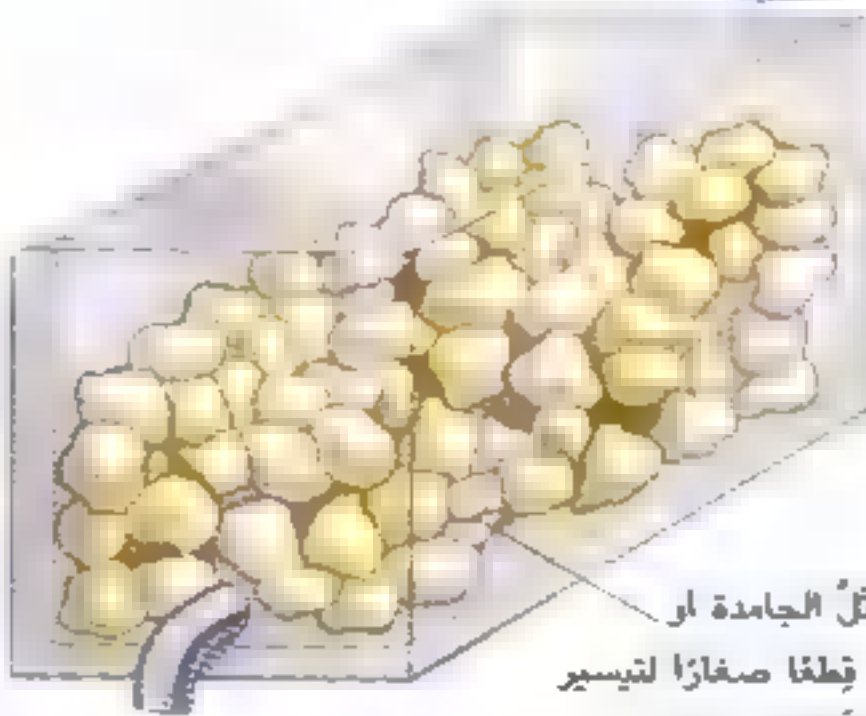
تُضاف بكتيريا خاصة إلى الحليب، وهذه تفتدي بالكتور (شكر اللبن) وتحوِّله إلى حامض اللكتيك (حامض اللبن). وهذا الحامض يُضخِّر الحليب ويُحمِّضه.

## من حليب إلى جُبْن

الحليب مخلوِّلٌ مائيٌّ يحوي بروتينًا وسُكَّرًا وفيتامينات ومعادن وفطريات من الدَّهن تجعله أبيض اللون. غير أنَّه يحوي أيضًا بعض البكتيريا التي تفتدي وتنكسر فيه، محوِّلة إياه إلى سائل حمض في بضعة أيام. وقد اكتشف أسلافنا منذ القدم إمكانيةَ جَفْظ المُغذَّيات في الحليب بتحويله إلى جُبْن. اليوم، نعرف أنواعًا عديدة من الجُبْن، لكنَّ مُعظمها يمرُّ في إنتاجه بالمراحل الأساسية ذاتها.

تُملَّح الخثارات وتُصَفَّط لإزالة ما تبقى بها من مصل. ثم تُشكَّل الخثارات في قوالب وتُخزَّن على رفوف باردة حتى تنضج إلى جُبْن.

يُدقُّ الحليب وتُضاف إليه المُنَفَّخة (المُسْتَخرجة من بعد العجول). تحوي المُنَفَّخة أنزيمًا يدعى الزيمين (المنفخين) الذي يُخثِّر فسفا من الحليب إلى كتل جامدة.

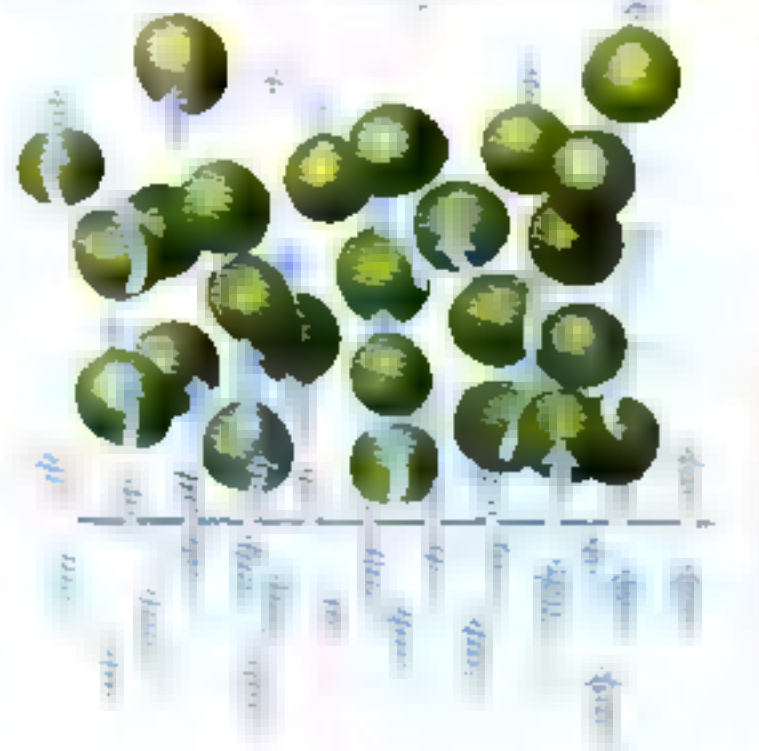


تُقَطَّع الكتلُ الجامدة أو الخثارات قطعًا صغيرًا لتيسير تصريف المصل، ويُستفاد من مصل اللبن هذا طعامًا لحيوانات المزرعة.



## التعليب

نشاهد في الحوانيت والمتاجر، صغيرها وكبيرها، أيضًا من الأغذية المُعلَّبة، المضمونة الجودة والصَّلاحية لمددٍ طويلة. ففي طريقة التعليب، الأكثر شيوعًا لحفظ المأكولات، تُغلى الأطعمة الطازجة مُهْبِةً أولًا للتخلُّص من أنزيماتها، ثم تُغَلَّب وتُسَخَّر لإبادة الجراثيم؛ وأخيرًا، تُغتمَّ الغَلَّب جيِّدًا لمنع وصول الأكسجين والجراثيم إلى مُحتوياتها.



## التجميد السريع

الجراثيم لا تستطيع الاغذية والتكاثر في طعام مُجمَّد. في التجميد المائي، تُمرَّر موادُّ الطعام الصغيرة، كالبَيْلَى على سَبَرٍ ناقلة فوق عَضَفٍ من الهواء البارد (-٣٤° س). فتتأقَّزُ حبوبُ البَيْلَى في الهواء بحرِّية بعضها فوق بعض، كالجسيمات في مائع، وتتجمَّد في دقائق معدودات.



## مُضافات الأطعمة

إغداد الوجبات الخفيفة، كالمعينة هنا، وتناولها لا يستغرق طويلاً. غير أن هذه الوجبات تحوي نسباً عالية من الدهون والسكر وغالباً ما تكون مقوماتها معالجة بالكيماويات والمُضافات. لذا ينبغي اللجوء إليها عند الاقتضاء فقط. صناعة الأغذية تستخدم المضافات لمنع فساد الطعام قبل أكله، وقد تُضفي عليه منظرًا جذابًا ومذاقًا طيبًا. وهناك المئات من مختلف المُضافات، بعضها طبيعي والبعض الآخر اصطناعي.

## المُكّهات

بعض المشروبات، كالكولا، تحوي مُكّهات كيماوية طبيعية تزوّل نكهتها بالتفكك مع الزمن. لذا يُصار إلى الكيماويات الاصطناعية ذات المذاق الأخذ والأقلّ غرضة لتفكك لمحاكاة الكيماويات الطبيعية.

## المُستحلبات

الثمن والماء لا يمزجان، فسرعان ما يتفصل خليطهما. غير أن المُستحلبات، كاللبتين (المُحّين) من صفار البيض، تبقي على تمازجها كما في اللبن الرائب والشوكولاتة والبطولة.

## معالجة الأطعمة

٤٠٠٠ ق.م. استخدم التمليح والتدخين والتجفيف في حفظ الأطعمة.  
٣١٠٠ ق.م. استخدمت الخميرة في صنع المشروبات الكحولية بالتخمير.  
٢٠٠ م. استخدمت البكتيريا المخثرة في صنع اللبن الرائب بالتخمير.  
١٨١٠ اكتشف نقولا فرنسوا أبير (١٧٥٢-١٨٤١) طريقة لحفظ الطعام في أوعية محكمة السد. ومن هذا الاكتشاف تطورت صناعة التعليب.  
١٨٧٠-١٨٧٠ ابتكر لويس باستور (١٨٢٢-١٨٩٥) طريقة لقتل البكتيريا الضارة في النبيذ والجمعة.  
حوالي ١٩٢٠ طور كلارنس بيردزاي (١٨٦٦-١٩٥٦) طريقة لتجميد الطعام بسرعة.

## الملونات

المُضغّب الطبيعي قد تفكك تاركة الطعام باهتًا وغير مُشبع. لكن الملون الطبيعي، مثل كاروتين بيتا، المُستخرج من الجزر، يحفظ لغير التفتت لونه البرتقالي.

## التشعيع

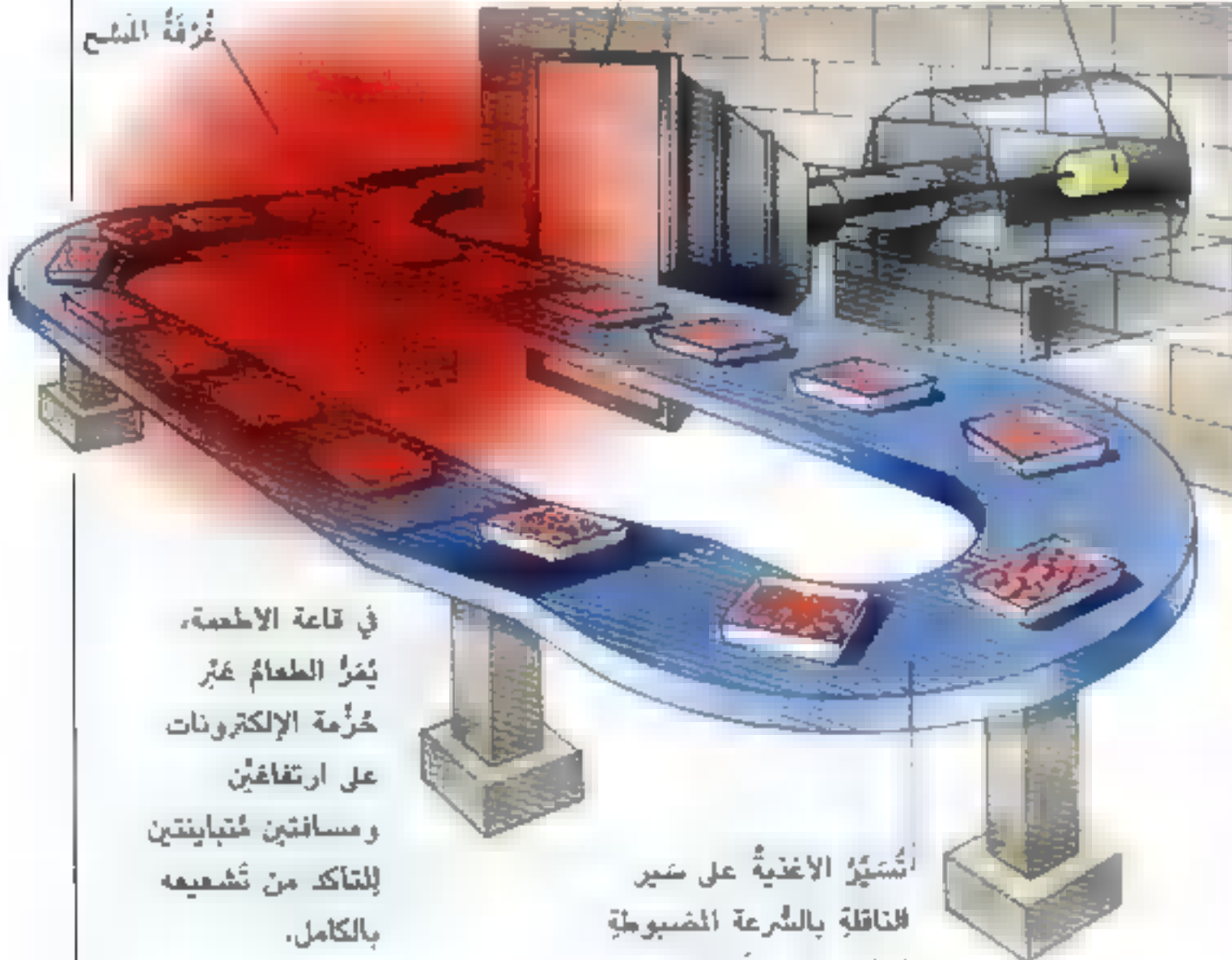
تستخدم هذه الطريقة الإشعاعات التي تخترق الأطعمة فتقتل ما فيها من منغصيات. لكن تشعيع الثمار والخضار يبطئ نضجها ويوقف نموها. كما أن التشعيع يُغيّر جزيئات الطعام ذاته، وقد يتلف الفيتامينات والمغذيات الأخرى فيه. لذلك، وبسبب الخوف من ارتفاع مستوى النشاط الإشعاعي في الأغذية المُعالجة، يبقى تعريض الأغذية للإشعاع تقنية مثيرة للجدل والخلاف.

## الحواظ

الأملاح والسكر تُسمّم الجراثيم والفطريات وتقتلها. لذا يُضاف يترت الصوديوم إلى النقانق، وشوربات البوتاسيوم إلى صالحة البندورة الحرة. فأمثال هذه الحواظ تصنّف الطعام طويلاً. يبقى بؤى المشع حرمة الإلكترونات مركزاً في مساحة ضيقة من وحدة المعالجة.

مُدقعة إلكترونات تُطلق إلكترونات عالية الطاقة.

غرفة المشع



تُسبب الإشعاع على سبيل الناقل بالسرعة المضبوطة لتتلقى الجرعة المصّر بها من الإشعاع.

في قاعة الأطعمة، يُفّر الطعام غير حرمة الإلكترونات على ارتفاعين ومسافتين متباينتين للتأكد من تشعيه بالكامل.

## الميكروبات المفيدة

يتحوّل عصير العنب في هذه الخواري إلى نبيذ بفعل ملايين خلايا الخميرة الدقيقة. وقد استخدمت هذه الخمائر منذ آلاف السنين في صنع المشروبات الكحولية والخبز. هذا الاستخدام طوّز اليوم لتصنيع مواد نافعة أخرى من مواد لاثليدية فيما يُسمى بالتقانة البيولوجية. فبعض الميكروبات تستطيع تحويل العيثانول، المُخضّر من الغاز الطبيعي، والثمايات، من صناعة الورق، إلى غلف لحيوانات المزارع.



## المزيد من المعلومات أنظر

النشاط الإشعاعي (الفاعلية الإشعاعية) ص ٢٦  
الأكسدة والاختزال ص ٦٤  
كيمياء الأغذية ص ٧٨  
الاختبار ص ٨٠  
حقائق ومعلومات ص ٤٠٦



# صناعة القلويات

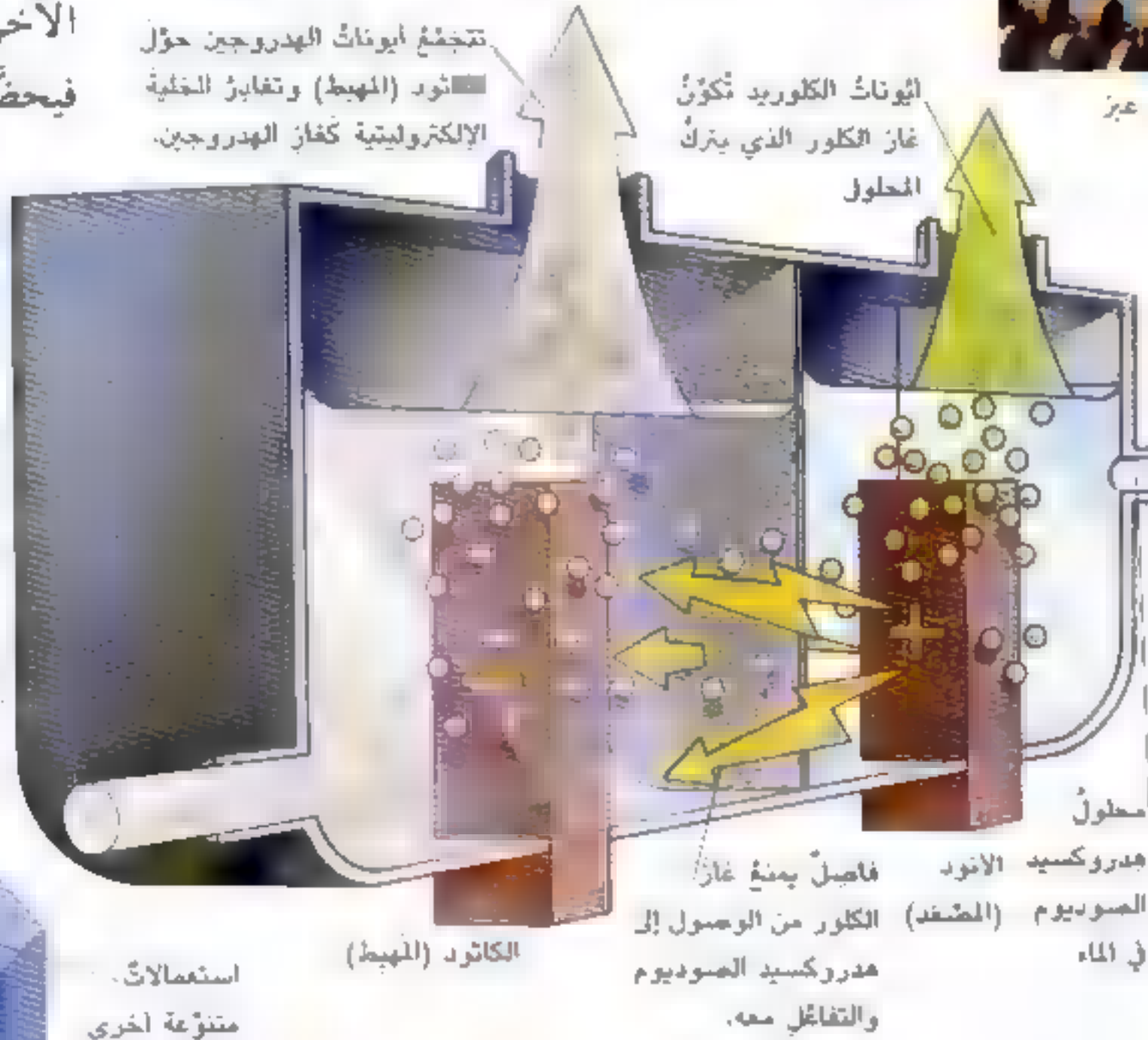
القلويات المُحضَّرة من ملح الطعام (كلوريد الصوديوم) أساسية في صنَّع الصابون. والقلويَّان الأهمُّ اللذان يُحضَّران من هذا الملح هما هيدروكسيد الصوديوم وكربونات الصوديوم. والواقع أنَّ هذين القلويَّين هما الأهمُّ بين ما تنتجُه صناعة القلويَّات إذ يُستخدَمان في صنَّع مُنتجات عديدة. ويبلغ ما تنتجُه المعاملُ الكيماوية في مختلف أقطار العالم، من كُلِّ منهما، حوالي ٣٥ مليون طن سنوياً. يُحضَّر هيدروكسيد الصوديوم بمرار تيار كهربائيٍّ عبر محلولٍ ملحيٍّ. وتنتجُ عملية الكهرلة هذه في الوقت نفسه غاز الكلور. يعني أنَّ مصنع هذا القلي هو مصنعٌ للكلور أيضاً. أمَّا القليُّ المهمُّ الآخر، كربونات الصوديوم، فيحضَّر من محلول الملح وثاني أكسيد الكربون بطريقة صولفي خاصة.



يُحضَّر هيدروكسيد الصوديوم بمرار الكهرباء عبر السائل الملحي في هذه الخلايا الإلكترونية.

## هيدروكسيد الصوديوم

يتألَّف محلول الملح في الماء من أربعة أنواع من الأيونات هي: أيونات الصوديوم والكلوريد والهيدروجين والهيدروكسيد. وفي أثناء الكهرلة تنجذب الأيونات الشالبة (أي الكلوريد والهيدروكسيد) نحو الأنود، والأيونات الموجبة (أي الصوديوم والهيدروجين) نحو الكاثود. وعندما يتفصل الصوديوم عن الكلوريد، يتفاعل مع الماء فيولَّد هيدروكسيد الصوديوم.

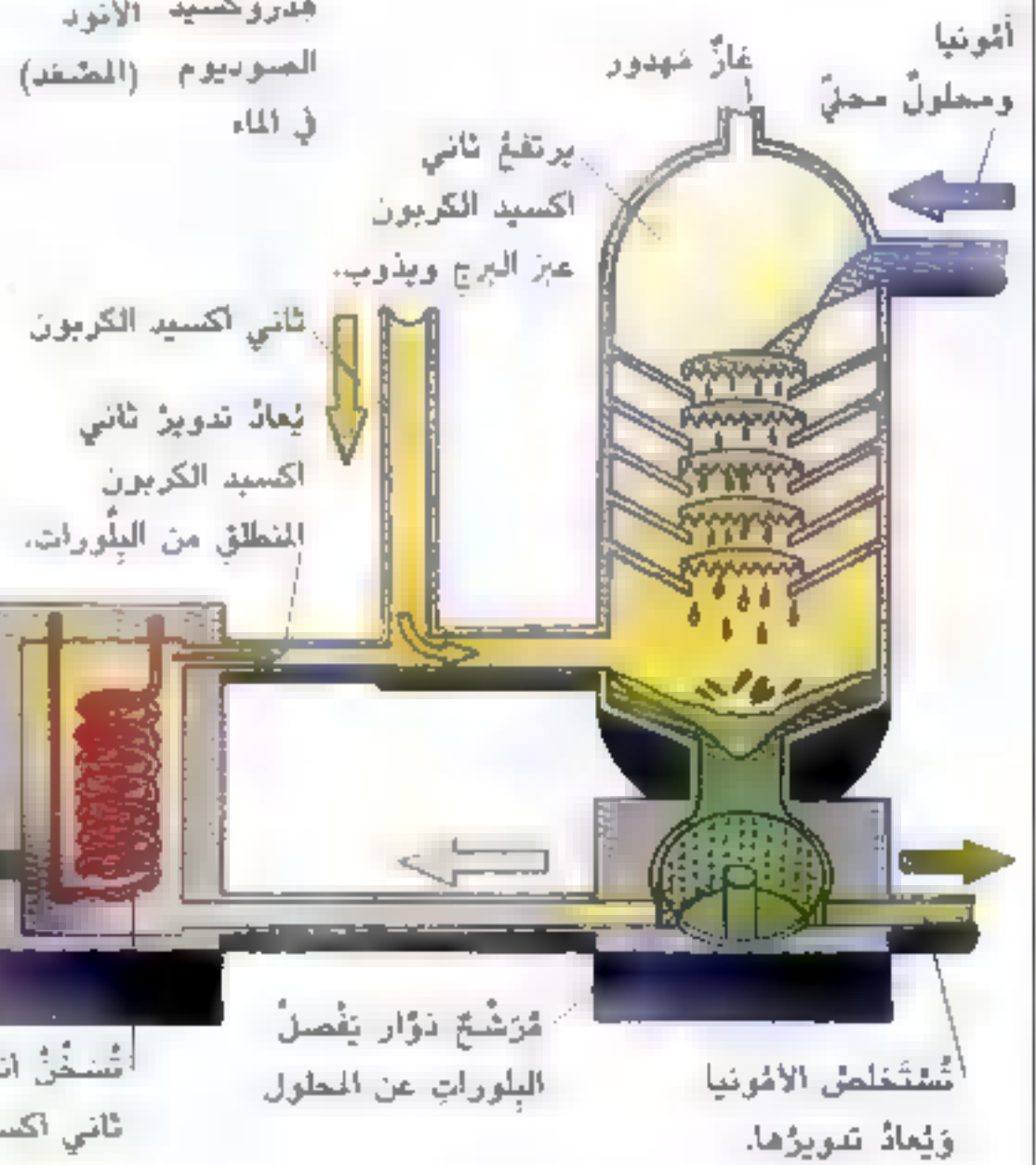


## استعمالات كربونات الصوديوم

لعلك شاهدت هذا القلي بشكل بلورات سوداء المسيل؛ لكنه يستعمل أيضاً في صنَّع مُنتجات عديدة شتى - من الخزفيات والأقمشة إلى الصور الفوتوغرافية والمصنوعات الجلدية.

## كربونات الصوديوم

تُستخَر أنابيب البخار البلورات لطرد ثاني أكسيد الكربون والماء عنها.

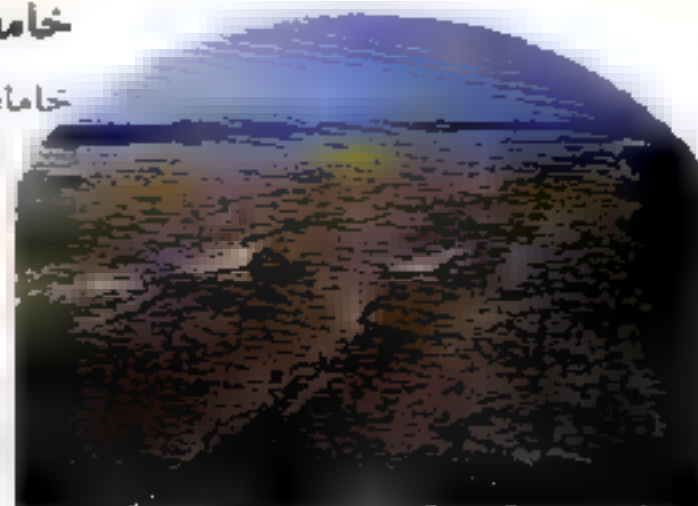


## كربونات الصوديوم

يمتصُّ المحلول الملحي ثاني أكسيد الكربون ليكوّن كربونات الصوديوم. وفي طريقة صولفي، يذاب ثاني أكسيد الكربون في المحلول الملحي والأمونيا؛ فيتكوّن في المحلول بلورات من بيكربونات الصوديوم وهيدروكسيد الأمونيوم. ثم تحمى البلورات الناتجة للحصول على كربونات الصوديوم.

## خامات الترونا

خامات البحيرات الجافة والأحواض التطرونية الطبيعية، في مناطق مختلفة من العالم، تتألَّف من كربونات وبيكربونات الصوديوم. وهي مصدر مهم لكربونات الصوديوم إذ يمكن استخلاصها منها نقية بسهولة دون اللجوء إلى طريقة صولفي.



## لمزيد من المعلومات انظر

- الترايط الكيماوي ص ٢٨
- القلويات القلوية ص ٣٤
- الهالوجينات ص ٤٦
- الكهرلة (التحليل بالكهرباء) ص ٦٧
- القلويات والقواعد ص ٧٠
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٦



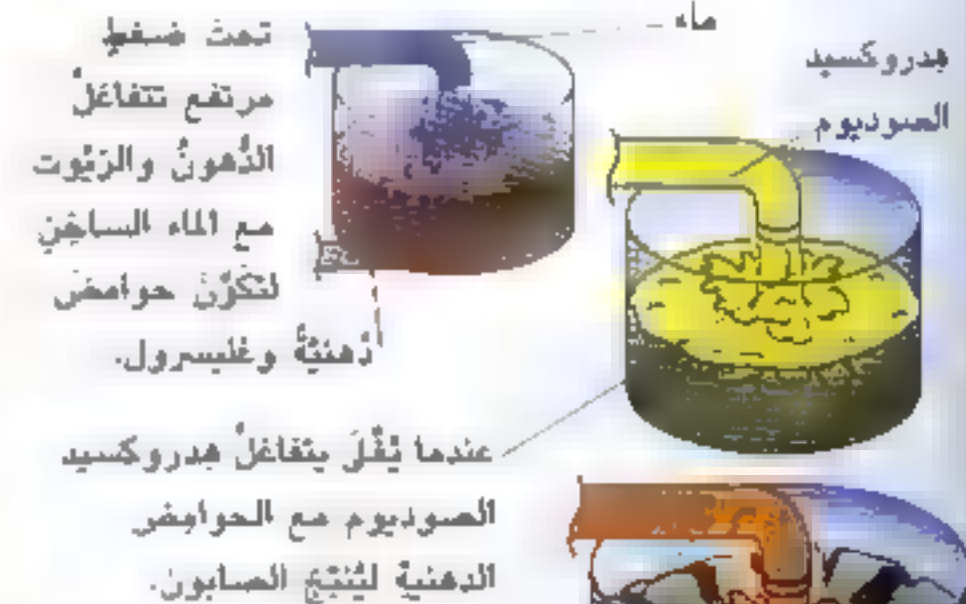
# الصَّابُونُ وَالْمُنْظَفَات

الصَّابُونُ مُنْظَفٌ أَساسِيٌّ لَا غَنَى عَنْهُ لِتَحْقِيقِ مُستوى نظافةٍ مَقْبُولٍ. فالْماءُ وَحْدَهُ، رُغمَ استطاعتهِ إِذابةِ الكَثِيرِ مِنَ الأوساخِ، عاجِزٌ عَنِ إِذابةِ الشَّحُومِ وَالدَّهُونِ؛ لَكِنْ حِينَ يُفَكِّكُها الصَّابُونُ فَإِنَّ المَاءَ يَشْطُفُها بِسُهولةٍ. يُحَضَّرُ الصَّابُونُ بِتَفَاعُلِ هيدروكسيد الصوديوم مع الدَّهُونِ أو الزَّيْتِ الحيوانيَّةِ والنَّباتيَّةِ. بعضُ أنواعِ المَاءِ عَسِرٌ لَا يَرغُو فِيهِ الصَّابُونُ لِإِحتوائِهِ مُركِّباتٍ كيميائيَّةً تَتَفَاعَلُ مع الصَّابُونِ لِتَكُونُ أَملاحاً عُشائريَّةً غَيرَ ذَوَابَةٍ. المُنْظَفَاتُ الاصطناعيَّةُ تُحاكي فِعْلَ الصَّابُونِ، أَكَّانَ المَاءُ يَسيراً أو عَسِيراً، دونَما زَبَدٍ أو غُثاءٍ؛ وَهي تَحضَّرُ بِمُفاعِلَةِ كيميائيَّاتٍ مِنَ النِّفْطِ الخامِ مع حَامِضِ الكبريتيكِ.

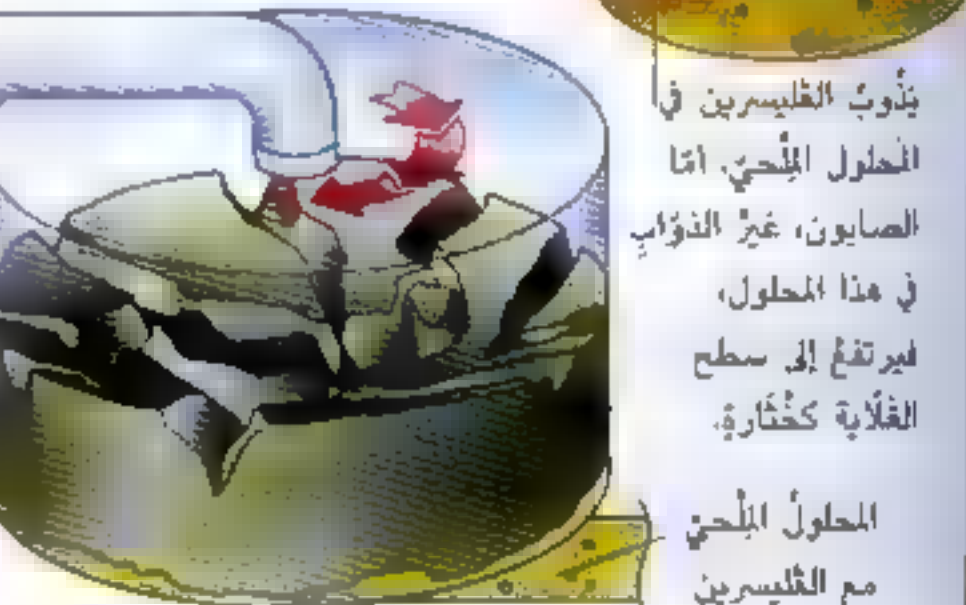


## مُنْظَفَاتٌ مُخْتَلِفَةٌ

تَعْمَلُ المُنْظَفَاتُ المِخْتَلِفَةُ بِأَساليبٍ شَتَّى. فالصَّابُونُ يُغَطِّي الجِلْدَ بِجُزَيْئاتٍ مُزِيلَةٍ لِلشَّحْمِ. وَفي الشَّامْبُو كيميائيَّاتٌ إِضافيَّةٌ تُثَبِّتُ الرِّغوةَ عَلى الشَّعْرِ بِينما تَفَكِّكُ الشَّحْمَ. أَمَّا مُنْظَفُ الأَرْضِيَّاتِ فيُحوي كيميائيَّاتٍ مُعزِّزةً لِإِزالةِ الأوساخِ الرَّمليَّةِ أو الخَشَبِيَّةِ. وَتُحوي سَوائِلُ الجِلِّيِّ كيميائيَّاتٍ أُخَرى لِإِزالةِ قُثَبِ الأَطْعَمَةِ الدَّهنيَّةِ.



تَمَتَّعَ ضَغِيطُ مَرْتَفَعٍ تَتَفَاعَلُ الدَّهُونُ وَالزَّيْتُ مع المَاءِ السَّاحِنِ لِتَكُونُ حوامِضُ أَدهنيَّةٍ وَغَلَسِرولِ. عَندَما يُقَلَّ بِتَفَاعُلِ هيدروكسيد الصوديوم مع الحوامِضِ الأدهنيَّةِ لِتُنتِجَ الصَّابُونُ.



يَذُوبُ الغَلَسِرِينُ فِي المَحْلُولِ المِلْحِيِّ. أَمَّا الصَّابُونُ، غَيرَ الذَّوَابِ فِي هَذا المَحْلُولِ، فَيُمرِّقُ إِلَى سَطْحِ الغَلَّابَةِ كخُثَّارَةٍ. المَحْلُولُ المِلْحِيُّ مع الغَلَسِرِينِ

## صُنْعُ الصَّابُونِ

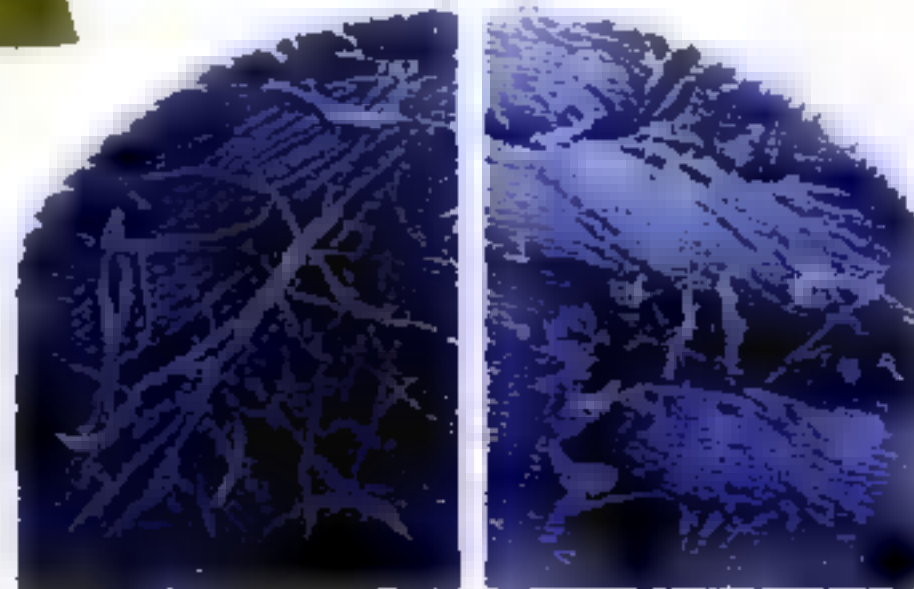
لِصْنَعِ الصَّابُونِ، تُعَمَّى الدَّهُونُ أو الزَّيْتُ حَتَّى تَتَمَكَّنَ إِلَى حوامِضٍ أَدهنيَّةٍ وَغَلَسِرولِ. ثُمَّ تُفَاعَلُ الحوامِضُ الأدهنيَّةُ فَتُنتِجُ الصَّابُونُ وَغَلَسِرولَ. وَزَيَّادُ الغَلَسِرولِ مِنَ الصَّابُونِ بِإِذابتهِ فِي مَحْلُولٍ مِلْحِيِّ. وَقَبْلَ تَشكيلِ الصَّابُونِ إِلَى كُتَلٍ أو قُثَارَاتٍ أو سَاحِقٍ، تُضَافُ إِلَيْهِ كيميائيَّاتٌ مُخْتَلِفَةٌ لِغَلِّقِ الجَرائِمِ وَإِزالةِ عَسَرِ المَاءِ وإِضفاءِ اللونِ وَالرائحةِ المَطْلُوبِينَ. إِنَّ صُنْعَ فَطْعَةٍ مِنَ الصَّابُونِ مِنَ مَوادِّها الأَوَّلِيَّةِ لَا يَسْتغرقُ أَكْثَرَ مِنْ ١٥ دَقيقَةٍ.

تُجَنَّبُ جُزَيْئاتُ المَاءِ رُؤُوسُ جُزَيْئاتِ المُنْظَفِ أَلِفَّةُ المَاءِ. وَبِذلكِ تَرْتَفِعُ جُزَيْئاتُ الشَّحْمِ وَالمُنْظَفُ فِي المَاءِ وَيَسْهُلُ شَطْفُها.



## عَمَلِيَّةُ التَّنْظِيفِ

عَندَما تَمْسَحُ الأَرْضِيَّةَ بِجُهْدٍ، يَشارِكُ الصَّابُونُ أو المُنْظَفُ بِجُهْدٍ مُماثِلٍ. إِذْ إِنَّ لُجُزَيْئاتِ الصَّابُونِ وَالمُنْظَفِ رُؤُوسَ أَلِفَّةٍ لِلْمَاءِ وَأَذْيالاً أَلِفَّةٍ لِلشَّحْمِ. وَعَندَ مَزجِ الصَّابُونِ أو المُنْظَفِ بِالماءِ، فَإِنَّ الرُّؤُوسَ أَلِفَّةُ المَاءِ تَذُوبُ فِيهِ، فَيَما تَلتَصِقُ الأَذْيالُ أَلِفَّةُ الشَّحْمِ بِالشَّحْمِ وَتُزِيلُهُ عَنِ السَّطْحِ.

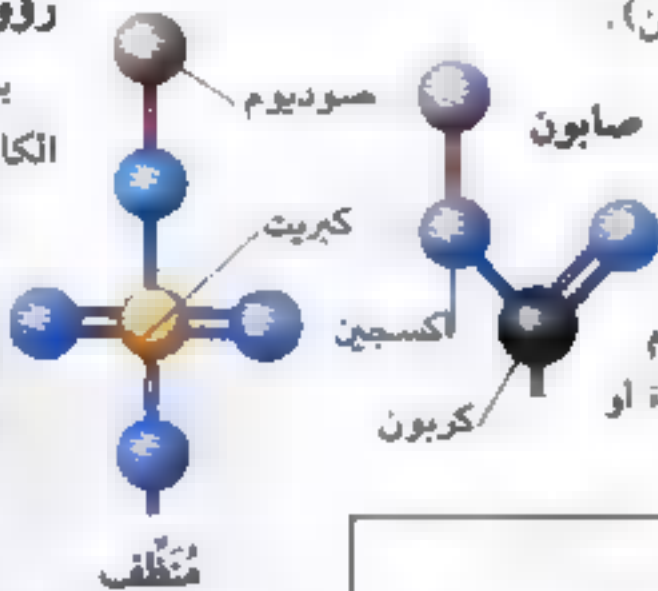


## تَنْظِيفُ الأَقْبِشَةِ

أَلِبابُ القَمِيصِ القُطْنِيَّةِ (إِلَى الِيسارِ) مُنْقَطَعَةٌ بِالشَّحْمِ. عَندَ غَسْلِ القَمِيصِ نَهاجِمُ جُزَيْئاتِ الصَّابُونِ وَالمُنْظَفِ الشَّحْمَ المَلتَصِقَ بِتِلْكَ الأَلِبابِ وَتُزِيلُهُ (إِلَى الِيمينِ).

## رُؤُوسُ الجُزَيْئاتِ

يُحوي المَاءُ العَسِرَ ذَرَّاتٍ مِنَ الكالسيومِ أو المَغْنِسيومِ. وَهَذهِ الذَّرَّاتُ تَعْمَلُ مَحَلًّا ذَرَّاتِ الصوديومِ فِي رُؤُوسِ جُزَيْئاتِ الصَّابُونِ أَلِفَّةٍ. المَاءُ فَتَكُونُ غُثاءً مُزِيداً.

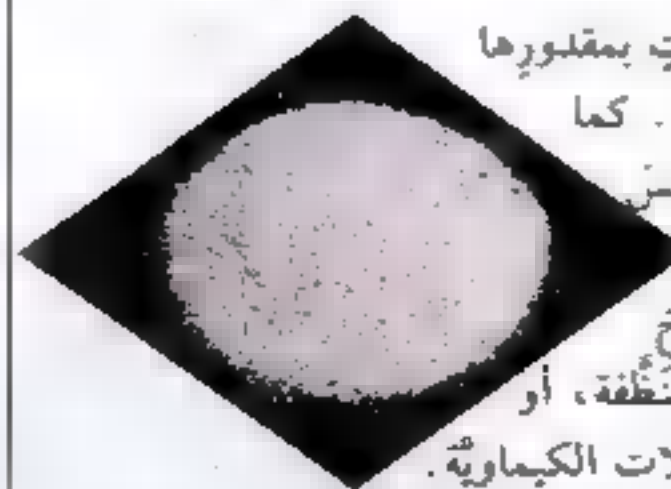


يَحُلُّ الكَبْرَيْتُ مَحَلَّ الكَرَبونِ فِي رُؤُوسِ جُزَيْئاتِ المُنْظَفِ أَلِفَّةٍ المَاءِ؛ فَلا يَعودُ الكالسيومُ وَالمَغْنِسيومُ يَكُونانِ القُثَاءَ أو الرُّبْدَ.

تُذَوِّمُ الغَلَّابَةُ بِشَرعَةٍ كَبِيرَةٍ لِقُزُورِ الصَّابُونِ عَنِ المَحْلُولِ المِلْحِيِّ وَغَلَسِرولِ، اللَّذَيْنِ يُضَرَّفانِ تَارَكَيْنِ الصَّابُونِ نَقِيًّا.

## مَقْومَاتُ سَاحِقِ الغَسِيلِ

تُحوي مُعْظَمُ سَاحِقِ الغَسِيلِ أَزْمِجاتٍ بِمَقْدُورِها تَفَكِّيكِ الجُزَيْئاتِ فِي بَقَعِ القَرَفِ وَالدَّمِ. كَما تُحوي مُنْصَعاتٍ صِبَاغِيَّةً تُكسِبُ المَلايِسَ زُهوًّا وإِشراقاً - إِضافةً إِلَى كيميائيَّاتٍ تُزِيلُ عَسَرِ المَاءِ أو تَعزِّزُ إِزالةَ الأوساخِ وَتَمْنَعُ عَودةَ تَرسُّبِها عَلى المَلايِسِ المُنْظَفَةِ، أو تَحَفِّظُ الحَمُوضَةَ ثابِتَةً لِمُخْتَلِفِ التَفَاعُلَاتِ الكِيميائيَّةِ.



## لِمَزيدٍ مِنَ المَعلُومَاتِ انْظُرْ

- القُشْفُورُ ص ٤٣
- المُركِّباتُ وَالعَزِيجاتُ ص ٥٨
- المَحاليلُ ص ٦٠
- الْقِلَوِيَّاتُ وَالقَواعِدُ ص ٧٠
- كَيْمِاءُ المَاءِ ص ٧٥
- حَقائِقُ وَمَعلُومَاتُ ص ٨٠٦



# مُنْتَجَاتُ الفَحْمِ

عندما نُحرقُ الفَحْمَ نُطَلِّقُ طاقةً وكِماويَّاتٍ احْتُبِسَتْ منذ ٢٥٠ مليون سنة، حينَ أُخِذَتْ أعدادٌ ضخمةٌ من النباتات المَيِّتَةِ تتحلَّلُ ببطءٍ إلى فَحْمٍ. يُزَوِّدنا الفَحْمُ بالطاقة اللازمة لتدوير المُولِّداتِ الكهربائيَّةِ في الكثير من محطاتِ القُدرة. كما إنَّ إحماءَ الفحمِ بِمَعزَلٍ عن الهواء، يُحوِّله إلى فحم الكوك، الذي هو وقودُ أفرانِ السَّفَعِ المُستخدَمةِ لاستِخراجِ الفِلِيزَاتِ، كالحديد، من خاماتها. وقد يُعالَجُ الكوكُ لإطلاقِ كِماويَّاتٍ أُخرى - كالأمونيا والقار وغازِ الفحمِ (غاز الاستِصباح). وهذه الكِماويَّاتُ يَمَكِنُ تحويلُها إلى كِماويَّاتٍ جديدةٍ لتصنيعِ الكثير من المنتجاتِ المختلفةِ كالأصباغِ والدهاناتِ والأدوية. والواقعُ أنَّ هنالك أكثرَ من ٢٠٠٠ مادةٍ كِماويَّةٍ يَمَكِنُ صُنْعُها من الفَحْمِ.



## قَيْدُ النَّفْثِ

في غابر الأزمان استُخدِمت نباتاتُ المُستنقعات طاقةً الشَّمْسِ وكِماويَّاتٍ يَبْنِئُها لبناءِ واختزانِ الطاقة الكِماويَّةِ في خلاياها. وعندما ماتت تلك النباتات تحوَّلت بقاياها إلى فَحْمٍ.

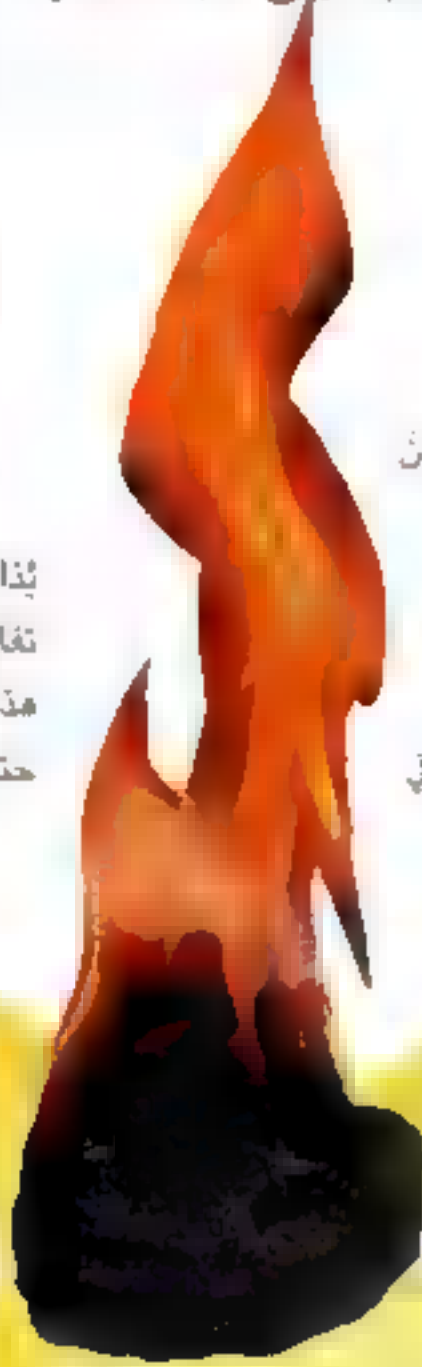
## من فَحْمٍ إلى كوك

عندما يُخَمَّى الفَحْمُ في أفرانٍ بِمَعزَلٍ عن الهواء إلى درجة حرارة تتراوح بين ٩٠٠ و ١٣٠٠°س، ينبعثُ منه مزيجٌ من الغازات والسوائل - يُفضَّلُ تاليًا إلى غازِ الفحمِ، ومحلولِ الأمونيا المائي، وقارِ الفحمِ. أمَّا الجابِذُ المُتَبَقِّي فهو الكوك الذي يحوي أكثرَ من ٨٠ في المئة من الكربون.

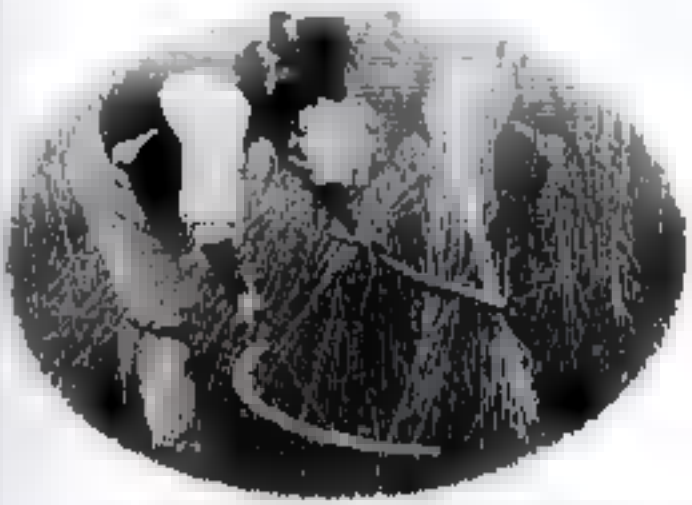


غاز الفحم (غاز الاستِصباح)

يُحوي غازُ الفحمِ (أو غاز الاستِصباح) الهيدروجين والميثان وأول أكسيد الكربون. وقد استُخدِمَ للإضاءةِ أولَ مرَّةٍ عام ١٧٩٢، وفي القرن التاسع عشر، عُمِّمَ استِخدَامُ غازِ الفحمِ للإضاءةِ والطبخِ في العديد من المُدن.



إخراقُ الفحمِ



يُذاتُ غازُ الأمونيا في حامضِ الكبريتيك فينتُجُ من تفاعلِهما بلُوراثُ كبريتاتِ الأمونيوم. وقد ظلت هذه البلُوراثُ المصدرَ الرئيسيَّ للأسمدة الكِماويَّة حتى العام ١٩١٣.

سائل  
الأمونيا

تُحضَّرُ أنواعٌ عديدة من الكوك بإحماءِ أنواعٍ مختلفة من الفحمِ إلى درجات حرارة خفيفة أو عالية. وتُستخدَمُ أنواعُ الكوك هذه وُقْدًا في الصناعة أو للتدفئة في المنازل.

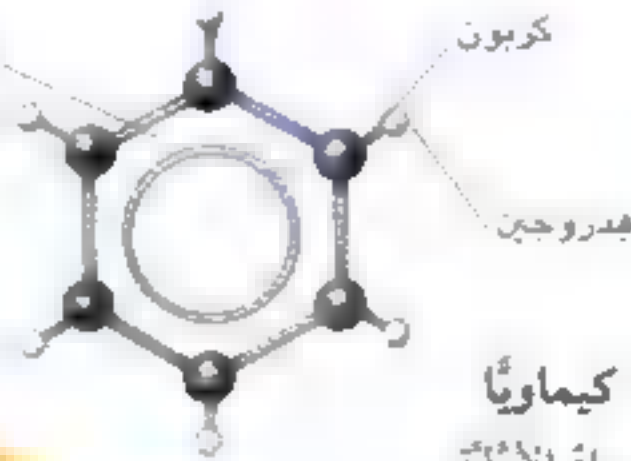
الكوك

## كِماويَّاتُ قارِ الفحمِ

يُحوي قارُ الفحمِ العديد من الكِماويَّاتِ المُفيدة، التي يجري فصلُها بالتقطيرِ (إذ لكلِّ منها درجة غليانٍ مُختلفة). فمن الكِماويَّاتِ ذاتِ درجاتِ الغليانِ العالية الرُفُثُ والكربُوزوت، ومن ذاتِ درجاتِ الغليانِ الأقلِّ البينزينُ وحامضُ الكربوليك.



نُزْشُ الأشجارِ المُشرقة بِفِيديَّاتٍ تُصنَّعُ من قارِ الفحمِ.



## جُزْئِيَّاتُ مُفيدة كِماويًا

تُشكِّلُ الجُزْئِيَّاتُ في قارِ الفحمِ الموادَ الأوَّليَّةَ لصُنْعِ البِئاتِ من الكِماويَّاتِ الجديدة. فبالإضافة كِماويَّاتٍ أُخرى إلى تلكِ الجُزْئِيَّاتِ يُمكنُ صُنْعُ آلافٍ من المركَّباتِ المُفيدة. فالكربُوزوت يُستخدَمُ دومًا تَكرِيرَ كمادَّة حافظةٍ للخشب، وتُستخدَمُ جُزْئِيَّاتُه المُختلفة، مُفَصَّلة، موادَّ أوَّليَّةٍ لصناعةِ المُبيداتِ والأدوية.

خَبَثٌ دواءٍ من قارِ الفحمِ



## المُلَوَّناتُ والمُبيدات

في الخمسينيات من القرنِ التاسع عشر، صُنِعَ الكِماويُّون الأصباغُ الاصطناعيَّةُ الأولى من كِماويَّاتِ قارِ الفحمِ. فكانت أكثرُ زُهْرًا من معظمِ الأصباغِ الطبيعيَّةِ وأشدُّ منها رسوخًا في الأقمشة كما إنَّها لا تبهتُ بالضوء. وعندما اكتُشِفَت الخصائصُ المُطهِّرة لحامضِ الكربوليك (أحدِ كِماويَّاتِ قارِ الفحمِ)، أُضيفَ إلى الصابونِ لِقَتْلِ الجراثيمِ.

صابون قارِ الفحمِ



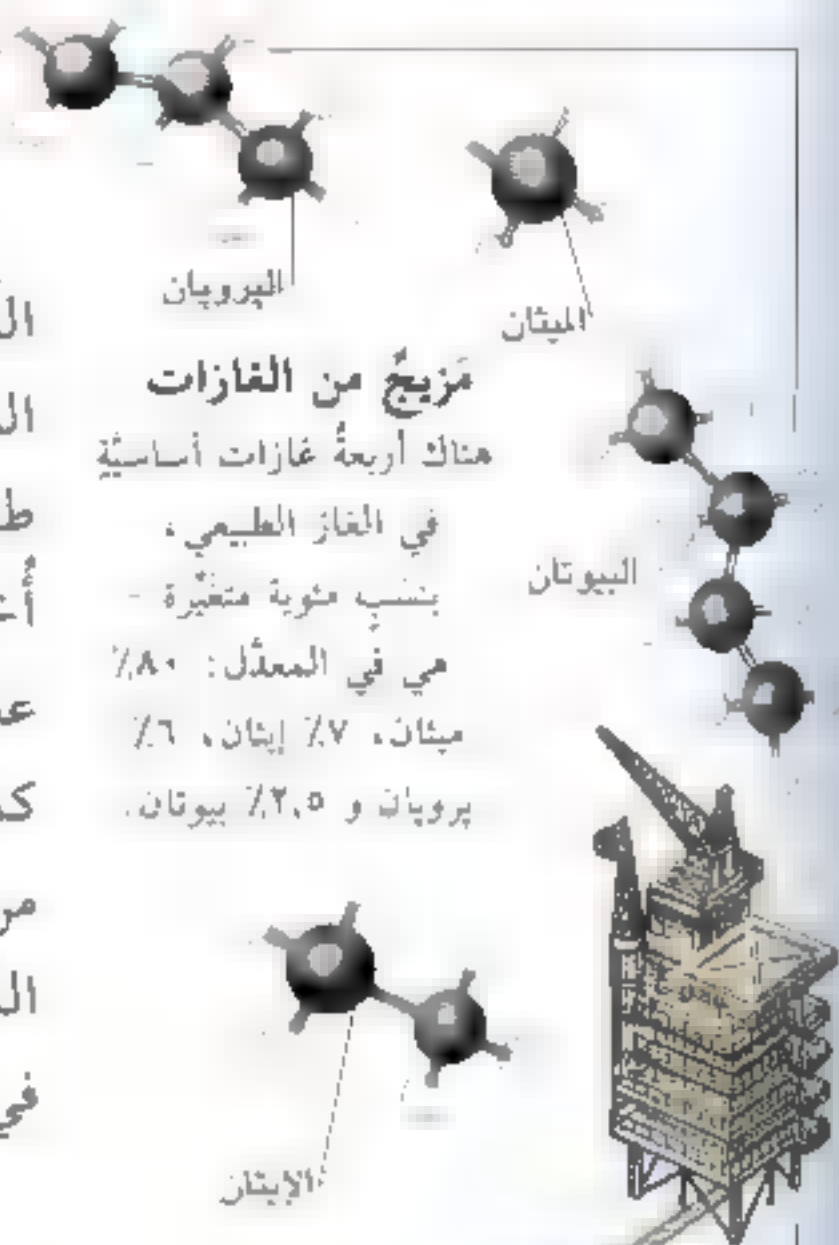
## لمزيد من المعلومات انظر

- الكربون ص ٤٠
- الأمونيا ص ٩٠
- مُنْتَجَاتُ الغازِ ص ٩٧
- مُنْتَجَاتُ النَّفْثِ ص ٩٨
- الأصباغُ والخُصْبُ ص ١٠٢
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٦



# مُنْتَجَاتُ الغاز

اللَّهَبُ المُشْتَعِلُ فِي مَوْقِدِ الغازِ هُوَ الطَّوْرُ الْأَخِيرُ مِنْ مَرَاكِجِ حَيَاةِ المِثَانِ الطَّوِيلَةِ عَلَى مَدَى مِلايِينَ السنين، مُنْذُ أَخَذَتْ بَقَايَا الحَيَوَانَاتِ وَالنباتاتِ البَحْرِيَّةِ الدَّقِيقَةِ تَتَحَوَّلُ إِلَى غازٍ طَبِيعِيٍّ احْتُسِبَ فِي طَبَقَاتِ الْأَرْضِ المُنْتَصَحِرَةِ. وَيَتَأَلَّفُ الغازُ الطَبِيعِيُّ فِي مُعْظَمِهِ مِنَ المِثَانِ إِضَافَةً إِلَى كِيمَاوِيَّاتٍ أُخْرَى أَيْضًا. وَفِي ثَلَاثِينَاتِ القرنِ العِشْرِينَ بَدَأَ اسْتِخْدَامُ الغازِ الطَبِيعِيِّ المُزَالِ الشَّوَابِ كَوَقُودٍ عَلَى نِطاقٍ وَاسِعٍ. وَلَمْ يَمُضِ طَوِيلٌ وَقْتٍ حَتَّى اكْتَشَفَ الكِيمَاوِيُّونَ إِمْكَانِيَّةَ اسْتِخْدَامِ تِلْكَ الشَّوَابِ كَمَوَادٍّ أَوَّلِيَّةٍ فِي صِنَاعَاتٍ أُخْرَى؛ وَطَالَ ذَلِكَ المِثَانُ نَفْسَهُ فَعِدَا يُسْتَعْمَلُ كَمَادَّةٍ أَوَّلِيَّةٍ لِإِنْتاجِ المِثَانِ مِنَ المُنْتَجَاتِ المُخْتَلَفَةِ، مِنَ الأَسْمَدَةِ إِلَى المُنْظَفَاتِ، بَلْ لَقَدْ أُمِكنَ اسْتِخْدَامُهُ حَتَّى فِي صُنْعِ الهِروَتِينِ.



يُنْقَلُ المِثَانُ بِالْأَنْبِيبِ مُبَاشَرَةً إِلَى المَدَنِ لِتَزْوِيدِهَا بِالوقودِ.



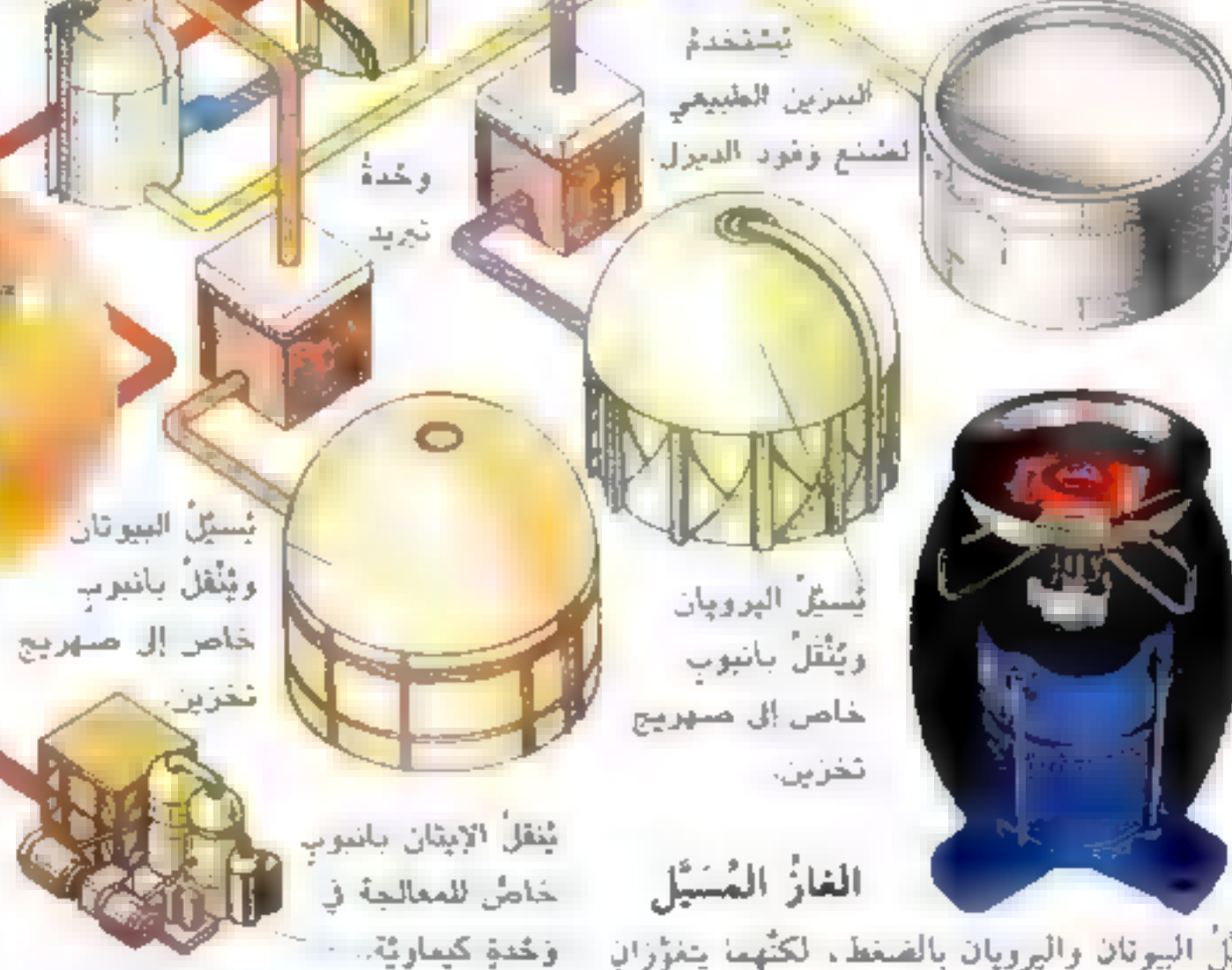
## فَصْلُ الغازاتِ

تُزَالُ شَوَابِ الغازِ الطَبِيعِيِّ بِسَوَابِلٍ مُتَنَوِّعَةٍ. فَيُخَفِّضُ الضَّغْطَ تَتَسَيَّلُ بَعْضُ الهيدروكربوناتِ الثقيلةِ وَتُفَصَّلُ عَنِ الغازِ. كَمَا يُزَالُ المَاءُ بالكُحُولِ، وَيَتَمَّ امْتِصَاصُ الكَبْرَيْتِ وَثَانِي أكْسِيدِ الكَرْبُونِ بِكِيمَاوِيَّاتٍ خَاصَّةٍ.

عِنْدَمَا يُخَمَّى الإِثَانُ، يَفْقَدُ جُزْئِيَّةً لَدُورَتَيْنِ مِنَ الهيدروجِينِ مُتَحَوِّلًا إِلَى إِثِينِ. الرابطةُ الثَّانِيَّةُ بَيْنَ ذَرَّتَيْ الكَرْبُونِ تَجْعَلُ الإِثِينَ أَكْثَرَ فاعِلِيَّةً مِنَ الإِثَانِ وَأَكْثَرَ فاعِلَةً كَمَادَّةٍ أَوَّلِيَّةٍ.

## اللَّدائِنُ

تُسْتَخْرَجُ الصِنَاعَةُ الكِيمَاوِيَّةُ العَالَمِيَّةُ مِنَ الغازِ الطَبِيعِيِّ وَالتَّنْفُطِ حَوالِي ٤٠ مِليونَ طُنٍّ مِنَ الإِثِينِ سَنَوِيًّا. يَتَفَاعَلُ الإِثِينُ بِسَهولَةٍ مَعَ كِيمَاوِيَّاتٍ أُخْرَى، أَوْ ذَاتِيًّا (بِالْبَلْمَرَةِ «الْكُوْثَرَةِ») لِتَكْوِينِ مَدَى وَاسِعٍ مِنَ المَوَادِّ اللَّدائِنِيَّةِ.



## الغازُ المُسَيَّلُ

يُسَيَّلُ البِيوْتَانُ وَالهِروبانُ بِالضَّغْطِ، لَكِنَّمَا يَتَوَزَّانِ ثَانِيَةً بِزَوَالِهِ. وَتَعْتَمِدُ مَوَاقِدُ المَخِيطَاتِ وَالْقَوَانِيسِ وَالْقَدَاحَاتِ عَلَى الغازِ المُسَيَّلِ.

## الشَّوَابِ المُفِيدَةُ

الكِيمَاوِيَّاتُ المُزَالَةُ فِي تَنْقِيَةِ الغازِ الطَبِيعِيِّ لَهَا اسْتِعْمَالَاتُهَا أَيْضًا. فَالكَبْرَيْتُ يُؤَقَّرُ المَادَّةُ الْأَوَّلِيَّةُ لِصِنْعِ حَامِضِ الكَبْرَيْتِكِ. وَيُسْتَعْمَلُ الهيدروجِينُ فِي صِنْعِ الأَمُونِيَا. أَمَّا الهَلِيُومُ، فَالغازُ اللَّامْتَفَاعِلُ وَالْفَائِقُ الرِّفْقَةَ، فَيُسْتَعْمَلُ فِي تَعْيِينِ المَنَاطِدِ وَالتَّخَكُّمِ فِي ضِغْطِ وَقُودِ الصَّوَارِيخِ.

الدُّعَى البَطِّيَّةُ وَاحِدِيَّةُ التَّوَلُّجِ اللَّدائِنِيَّةُ مَا هُمَا إِلَّا نَوْعَانِ فَقَطْ مِنَ المُنْتَجَاتِ اللَّدائِنِيَّةِ الكَثِيرَةِ المُصْنَعَةِ مِنَ الإِثِينِ.

## لِزِيدٍ مِنَ المَعْلُومَاتِ انْظُرْ

- الكَرْبُونُ ص ٤٠
- سُلُوكُ الغازاتِ ص ٥١
- فَصْلُ المَزِيجَاتِ ص ٦١
- مُنْتَجَاتُ الفُطْمِ ص ٩٦
- مُنْتَجَاتُ التَّنْفُطِ ص ٩٨
- التَّنْفُطُ وَالغازُ ص ٢٣٩
- حَقَائِقُ وَمَعْلُومَاتُ ص ٤٠٦





# مُنْتَجَاتُ النِّفْطِ

لا يَقْتَصِرُ استعمالُ النِّفْطِ على توفير الطاقة لِتَدْوِيرِ عجلاتِ السَّيَّاراتِ فقط، بل يَتَعَدَّاهُ إلى تعبيد الطُّرُقِ التي تسيَّرُ عليها أيضًا. يتواجدُ النِّفْطُ «الرَّيْتُ الخام» طبيعيًا كسائلٍ أسودٍّ لزجٍّ حادِّ الرائحة في باطن الأرضِ أو تحتَ البحرِ. ويتألَّفُ في معظمه من الهيدروكربونات (وهي مُركَّباتٌ من ذرَّاتِ الهيدروجين والكربون) مُترابطة في سلاسلٍ طويلةٍ تَكُونَت منذُ أكثر من ٢٠٠ مليون سنة من انحلال بقايا الحيوانات والنباتات البحرية المُنْدَثرة. وقد اكتشف الكيماويون في مطلع القرن العشرين أنَّ بإمكانهم فَضْلَ هيدروكربونات النِّفْطِ المختلفة

بالتسخين والتقطير التجزيئي. وهم يُصنِّعون اليوم آلاف المُنتجات من الرِّيت الخام.



## غازات البضفة

على ٢٠° س تبقى أربعة هيدروكربونات فقط في الحالة الغازية هي: الميثان والإيثان والبروبان والبيوتان. ويُستخدَم بعض الميثان والبروبان وقودًا لإحماء النِّفْطِ في عملية التكرير، لكنَّ معظمه يُستخدَم في صنِّع الكيماويات. ويُعبَأ البروبان والبيوتان في القوارير وقودًا لمواقد وقناديل الغاز الثقالة.

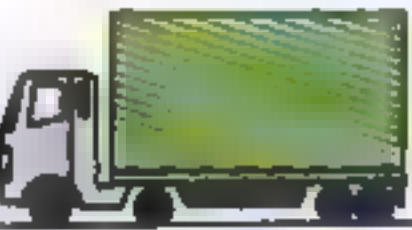
## الثقانة



يتكثَّف هذا السائل الأصفر على درجات الحرارة بين ٧٠° و ١٦٠° س. ويتراوح محتوى جزيته من ٨ إلى ١٢ ذرة من الكربون، مما يُيسِّر استخدامه في صنِّع وقود للسيارات والدائن وكيماويات مختلفة من أدوية ومبيدات وأسمدة. كما يُستخدَم كمنظفٍ لمعالجة المطاط واستخراج الزيت من البُزور.

## رَيْتُ الغاز (السُّلار أو المازوت)

يتكثَّف رَيْتُ الغاز في مَدَى حراري يتراوح بين ٢٥٠° إلى ٣٥٠° س، ويحتوي جزيته من ١٤ إلى ٢٠ ذرة كربون. ويُستخدَم رَيْتُ الغاز في صنِّع وقود الديزل وزيت التدفئة المركزية. كما يُلبَّن به الأسفلت لِتسهيل قَرُشِه.



ترتفع الغازات في العمود غير اكواب ليح. فإذا كانت درجة الحرارة خفيفة بالفقر الكافي يتكثَّف الغاز على الكوب وينساب سائلًا.



يُعبَد الأسفلت بسطوح الكثير من الطرقات في العالم.

## مُخَلَّفَاتُ التَّقْطِيرِ

كُلُّ الهيدروكربونات التي يحوي الجزيء منها أكثر من ٢٠ ذرة كربون تتكثَّف حالما تدخل إلى العمود. ويتم فَضْلُ مزيج الهيدروكربونات الثقيلة بالإحماء للحصول على زيت التزليق والغازولين والشَّمْع والقار.

الهيدروكربونات الثقيلة، أو الطويلة السلسلة، سوداء اللون، شمعية، غليظة القوام.



الهيدروكربونات الخفيفة، أو القصيرة السلسلة، باهتة اللون نسبيًا ورقيقة القوام.

## الرَّيْتُ الخام

يحوي النِّفْطُ مزيجًا من الهيدروكربونات، المتباينة عدد ذرَّات الكربون في سلاسلها. وتتغيَّر نسب هذه الهيدروكربونات في النِّفْطِ من موقع إلى آخر. فَنِّفْطُ الشرق الأوسط يحوي الكثير من الجزيئات الطويلة، التي تجعله غليظ القوام. أما نِّفْطُ بحر الشمال فالجزيئات الطويلة فيه أقل، وهو أرق قوامًا.

## الغازولين

بين ٢٠° و ٧٠° س يتقطَّر سائلٌ رقيق القوام يُدعى الغازولين أو البنزين. ويتراوح عدد ذرَّات الكربون في هيدروكربونات الغازولين بين خمس وعشر ذرَّات. ويُستخدَم الغازولين غالبًا كوقود للسيارات، لكنَّه يشكِّل أيضًا مادة أولية لصنِّع اللدائن والمُنتجات.



## الكيروسين

يتكثَّف الكيروسين أو الكاز كسائل زيتي خفيف على درجات الحرارة بين ١٦٠° و ٢٥٠° س. ويتراوح محتوى جزيته من ١٠ إلى ١٦ ذرة كربون. ويُستخدَم الكيروسين في صنِّع وقود طائرات للاحتراق في المحركات الثابتة. كما يُستخدَم للتدفئة والإضاءة وفي مذيبات الدهانات.



يُلبَّن الزيت الخام في قُرْبٍ إلى حوالي ٤٠٠° س قبل مُروره كغازات إلى عمود التقطير التجزيئي.

## التقطير التجزيئي

عند إحماء الزيت الخام (النِّفْطِ) إلى درجة حرارة مُعيَّنة تتحوَّل هيدروكربوناته إلى غازاتٍ مختلفة. ثُمَّ يعودُ كُلُّ غازٍ فيتكثَّف إلى سائل على درجة حرارة مُحدَّدة مختلفة. وهكذا يمكن فَضْلُ الزيت إلى أجزائه المُختلفة.



بالتقطير التجزيئي. يُلْقَمُ الزيت الخام حارًّا على مقرية من قاعدة العمود، فتتكثَّف الهيدروكربونات الأثقل على الفور وتهبط إلى المُستوى السُّفلي. أما الهيدروكربونات الأخرى، فترتفع بحالتها الغازية عبر العمود حتى تبرد بما فيه الكفاية لِتتكثَّف سوائًا (على درجات حرارة أقل قليلًا من درجة غليانها). ثُمَّ تُنْقَلُ هذه الهيدروكربونات بالأنابيب للمعالجة اللاحقة.

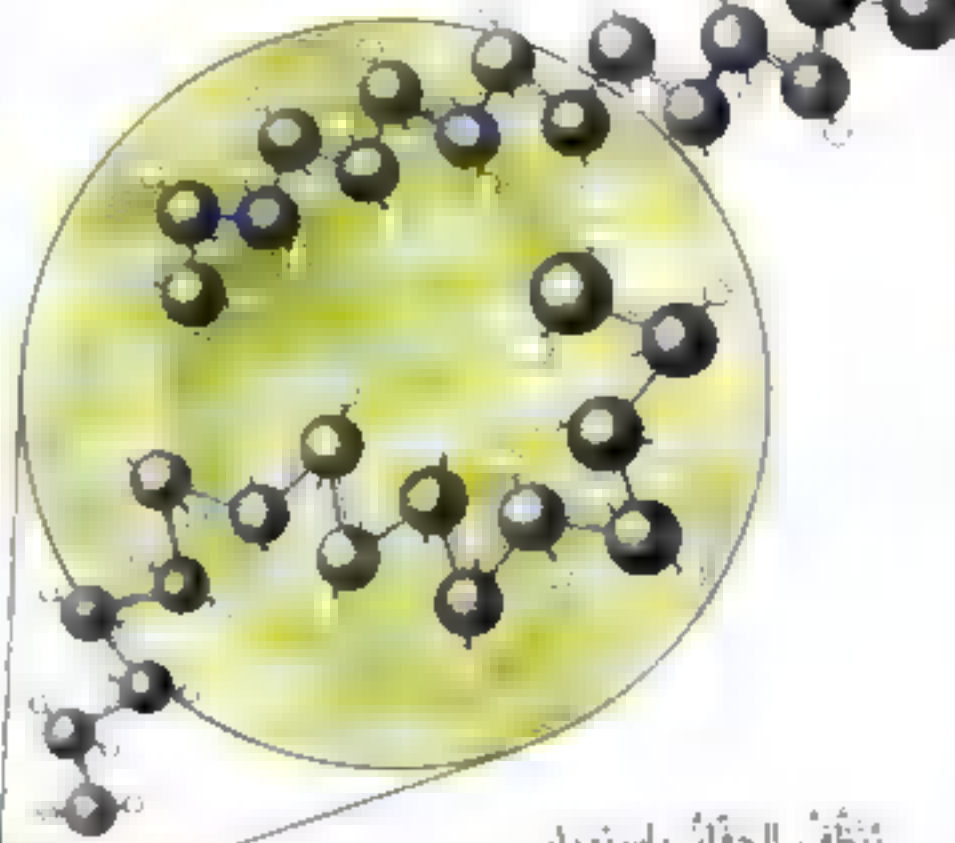


## تفكيك الجزيئات

إن فصل هيدروكربونات النفط بالتقطير التجزيئي يعطينا أكثر مما يمكن استخدامه من الجزيئات الطويلة السلسلة، وأقل مما هو مطلوب من الجزيئات الأصغر كالثقل والغازولين. أما التكسير المحفز فيشقق الجزيئات الكبيرة إلى جزيئات صغيرة أكثر نفعاً. في عملية التكسير يُخضع الزيت الثقيل تحت الضغط في حجرة تكسير خاصة؛ فتتكك بعض الروابط بين ذرات الكربون نارية مزيجاً من الهيدروكربونات ذات السلسلة الأقصر. وتسرّع عملية التكسير باستخدام حفاز كيميائي، كما يمكن إجراء التكسير على درجة حرارة أخفض.

يُدخل هيدروكربون سبث عشري ذرات الكربون إلى جهاز التكسير المحفز لتشقيقه إلى مزيج من الهيدروكربونات الخفيفة. وبعد التكسير يُمرّر المزيج عبر عمود تجزئة لفضل أجزائه.

يتمّ التكسير  
صناعياً على  
نطاق واسع في  
وحدات تكسير  
ضخمة.



يُنظف الحفاز باستمرار  
ويُعاد تدويره.

يمرّج مسحوق الحفاز  
مع الهيدروكربون  
في بخار الماء.

يُسحق الحفاز  
بترسب القار  
والكوك عليه خلال  
عملية التكسير.

الهيدروكربون ثلاثي ذرات  
الكربون يُستخدم في  
صناعة البنزين.

الهيدروكربون ثلاثي ذرات  
الكربون يُستخدم في  
صناعة اللدائن.

شفقة من  
الهيدروكربون

لحم لدائن  
من الهيدروكربون

اللدائن

إذا سُخّن الإيثين  
تحت الضغط تتراكم  
مجموعات تضم ٣٠,٠٠٠ أو

أكثر من الجزيئات لتكوّن سلاسل طويلة من الهيدروكربون. ومن المواد اللدائنية الأخرى التي تُصنع من الإيثين الهوليسترين، ويُحضّر بمرّج البنزين مع الإيثين. وأحد استعمالات الهوليسترين هو في صنع لعب الأطفال المأمونة. كذلك يُصنع كلوريد الهيدروكربون من الإيثين والكلور.

يُضاف البروم  
بعد التكسير

يُضاف الماء بعد  
التكسير

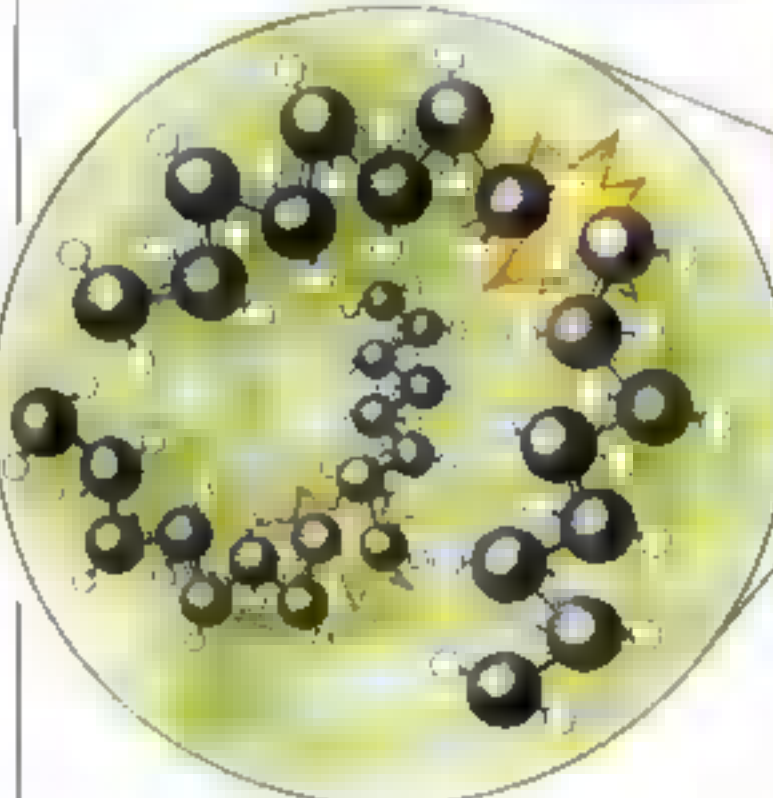
إيثانول  
(كحول إيثيلي)

إيثان ثنائي البروم

الإيثانول

## داخل جهاز التكسير

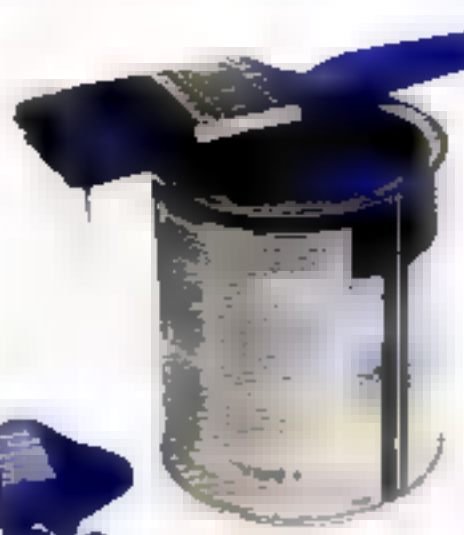
تمرّز الهيدروكربونات المُحمّاة بالبخار فوق مسحوق الحفاز الساخن المؤلف من جل السليكا والألومينا. فيوفر الحفاز سطحاً شاسعاً تتفكك عليه الهيدروكربونات الكبيرة إلى هيدروكربونات أصغر وأكثر نفعاً.



## استعمالات الإيثين المتعددة

تُفضل المركّبات بعد التكسير في عمود التجزئة. والإيثين، أحد تلك المركّبات، شديد التفاعلية بحيث يستطيع الترابط مع كيمائيات كثيرة أخرى، وحتى مع جزيئات أخرى منه، مكوّناً العديد جداً من السوائل والمواد المُفيدة.

يتفاعل الإيثين مع الماء لإنتاج  
كحول الإيثانول والدهانات والقطران.



الإيثين

## مُضاف بنزيني

إضافة البروم إلى الإيثين تُنتج الإيثان ثنائي البروم - ونستخدم هذا كمُحرّز للاوكتان في وقود المحركات. فهو يمنع اشتعال البنزين قبل الأوان الذي يُسبب «الخطأ» ويُقلّل من أداء المُحرّك.

يُشجّد الإيثين مع الماء لتحضير الإيثانول، أو الكحول الإيثيلي - المُذيب المُهم في تصنيع العديد من الدهانات ومُستحضرات التجميل والقطران والصابون والأصباغ. وإذا أُضيف الأكسجين إلى الإيثانول يُنتج حامض الإيثانويك (أو حامض الخلّك) الذي يُستخدم في صنع الألياف الاصطناعية.



## لمزيد من المعلومات انظر

- البنية الذرية ص ٢٤
- الترابط الكيميائي ص ٢٨
- الطورات ص ٣٠
- المُحور والمعادن ص ٢٢١
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٦



# المكثورات (المبلمرات)

بروتينات الشعر والصوف، كما النشا وسليولوز القطن، مكثورات طبيعية تتألف من جزيئات مرونة قوية طويلة السلسلة. واللدائن هي مكثورات صناعية وخصائصها البنائية جزيئات أصغر تسمى موحودات. أولى اللدائن هي الباراكسين المنسوبة إلى مصنعها البريطاني ألكسندر باركس عام ١٨٥٠. لكن إنتاج اللدائن للاستخدام الصناعي بدأ بظهور الباكليت عام ١٩٠٧. واليوم تشمل

المكثورات مختلف اللدائن والراتينجات والأقمشة والطلاءات وسواها من الكيماويات؛ وهي تُصنع بتركيب وخصائص متنوعة تلائم متطلبات استخدامها المتعددة المجالات.

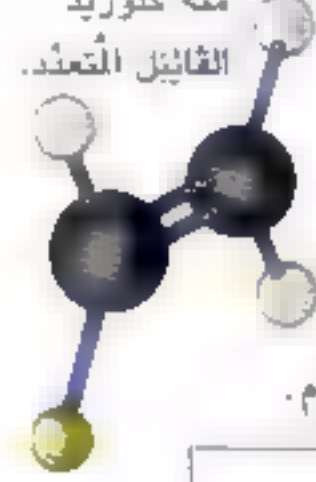
ما زالت كرات النيس تُصنع من السليولويد



## السليولويد

خضر الكيماوي الأمريكي، جون هيات، السليولويد بتغيير بعض مقومات الباراكسين. واستخدم السليولويد في صنع إطارات النظارات والأفلام الفوتوغرافية، غير أن لدائن أخرى حلت محله اليوم.

كلوريد الفانيل شديد التفاعلية بسبب وجود رابط ثنائي بين ذرتي الكربون فيه. وهو الموحود الذي يُصنع منه كلوريد الفانيل المتعدد.

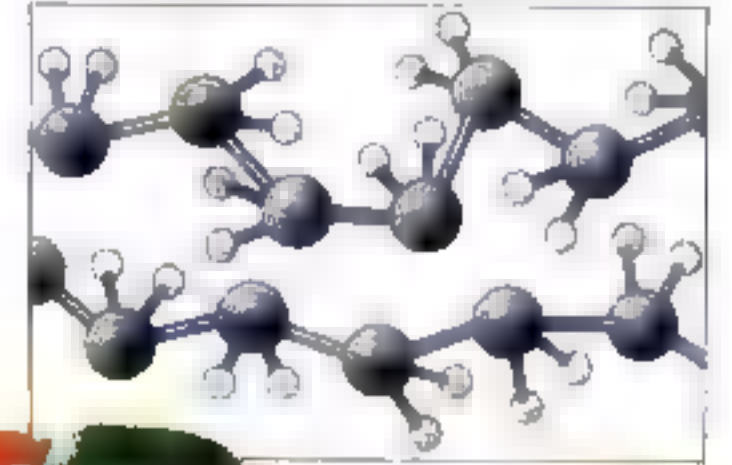


ينشط أحد الرابطين في الرابط الثنائي إلى نشطين - واحد يتصل بالسلسلة، والتصف الآخر بجزيء كلوريد الفانيل الذي يليه.



## البلمرة بالجمع

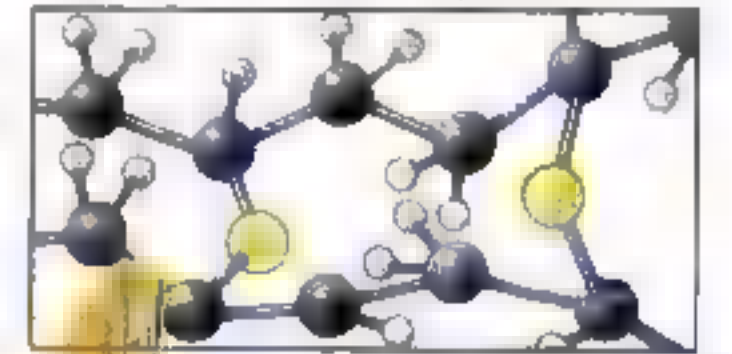
كلوريد الفانيل المتعدد هو المكثور الذي يستعمل في صنع الأنطوانات الفوتوغرافية. وهو يتألف، كما يستدل من اسمه، من موحودات كلوريد الفانيل البلمرة (أو المكثورة) بطريقة البلمرة بالجمع، أي إن طرف جزيء به التفاعل ملانعة فإن آفا من جزيئات كلوريد الفانيل تترايط بالطريقة نفسها لتكون جزيء كلوريد الفانيل المتعدد الضخم



هذه الخيطة الدمية القابلة للفتح مصنوعة من كلوريد الفانيل المتعدد وهو من اللدائن الحرارية.

## اللدائن الحرارية (المنصهرة بالحرارة)

إن نسق ترتيب سلاسل المكثور يؤثر في سلوك وخواص المادة اللدائية التي تُصنع منه عند الإحماء. ففي اللدائن الحرارية، تنظم السلاسل جنباً إلى جنب، دون روابط فيما بينها. فعندما تُحمى، تنزلق السلاسل بعضها فوق بعض وتنصهر المادة اللدائية. ثم تعود فتصلب عندما تبرد.



تتلف

المقومات

الإلكترونية

الدقيقة لهذه

المسجلة

المجسامة في

صندوق من

لدينة صلبة -

ثابتة حرارياً.

## اللدائن الصلبة - الثابتة حرارياً

المكثورات كالميلامين والسليكون لدائن صلبة ثابتة حرارياً. فتسليها البلمرة مترابطة بعضها مع بعض في تشابك مكين. وهي لدائن غير قابلة للانصهار لأن سلاسلها ثابتة لا تتحرك.



## البلمرة بالتكاثف

من طرائق الكثرة أيضاً البلمرة بالتكاثف. في هذه الطريقة يُنبذ جزيء صغير عند ترايط موحودتين. وهذا ما يحصل في صنع النيلون، فمع كل موحود ينضم إلى السلسلة، يُطلق جزيء من الماء.



يوليمر أو مكثور تعني المتعدد الأجزاء، والجزء أو الوحدة البنائية التي يتألف منها البوليمر تسمى مونومر أو موحود.

## الخصائص اللدائية

تتبع معظم اللدائن للتصنيع على شكل خبيات أو كرات - فخببات البوليسترين بيضاء وخببات البوليئين شفافة. عند صهر هذه الخبيات يمكن تلويها وتشكيلها أشياء حسب الطلب.

## الباكليت

خلال إحدى تجاربه، وجد ليو باكليت (١٨٣٦-١٩٤٤) كتلة مَحْبُصَة لَرَجَة في قعر جهاز الاختبار. هذه الكتلة لانت بالتسخين أولاً ثم تصلدت وجُمِدت. وقد حَسَن باكليت من خصائص تلك المادة فصنع منها لدينة مقاومة ومتينة، يُمكن قولبتها بأشكال مختلفة، أسماها باكليت. واستخدم الباكليت لفترة طويلة في صنع آلات التصوير وأجهزة التلفون والمقابس الكهربائية.

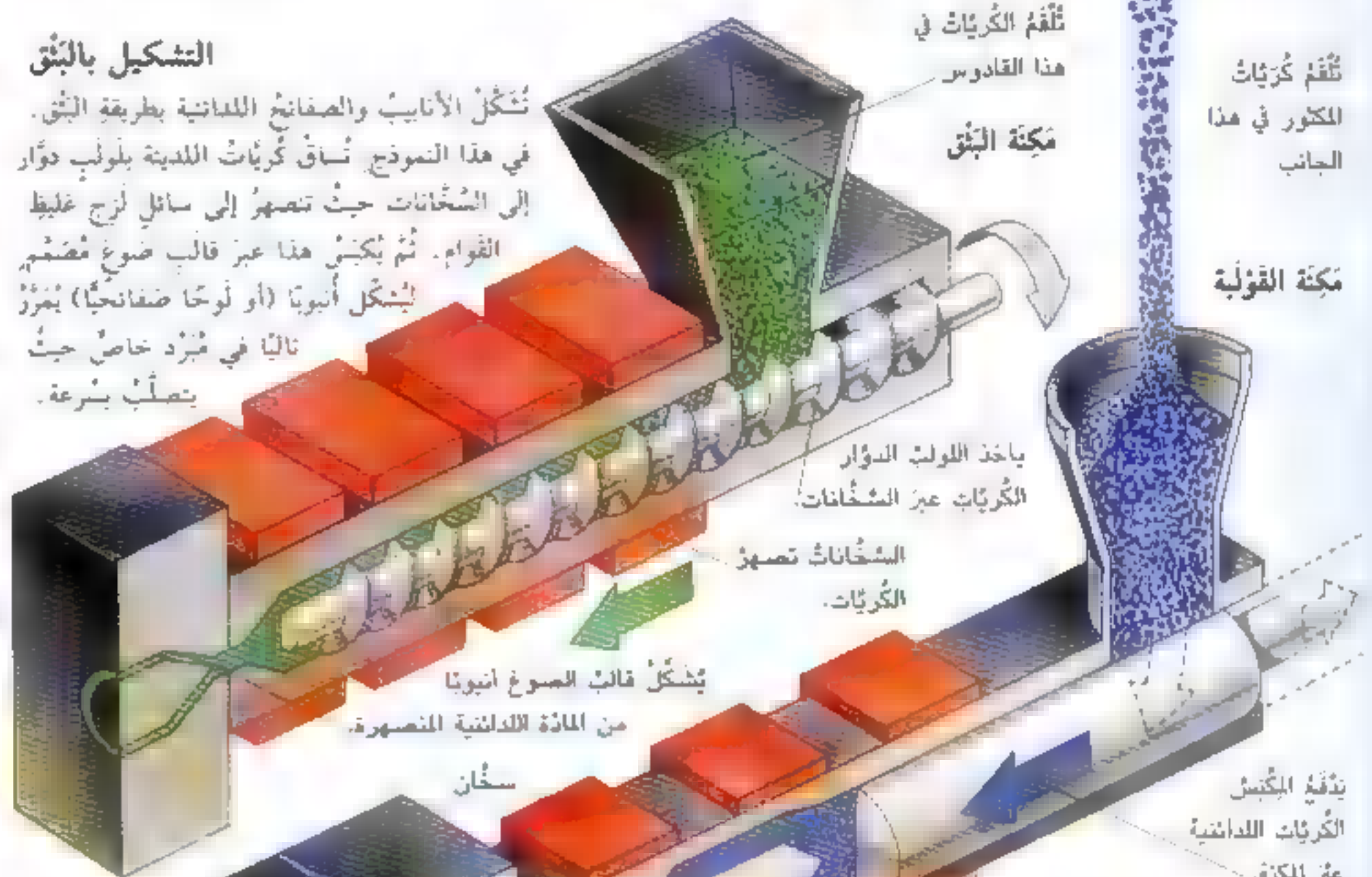


## استعمال المكثورات

المكثورات، بالشكل المَحْبِي أو الكُرِّي الذي تُحَضَّر به، لا تكاد تجد استخدامات عملية تُذكر كما هي. لكنّها بالإحماء تتداخل معاً لتكوّن مادة سهلة التشكيل متينة جداً وخفيفة جداً تصنع منها مختلف الأدوات المفيدة في شتى المجالات.

### التشكيل بالبنق

تُشكّل الأنابيب والصفائح اللدائنية بطريقة البنق. في هذا النموذج تساق كُرَيَات اللدنة بلولب دوار إلى الشحانات حيث تصهر إلى سائل لزج غليظ الفوم. ثم يكتس هذا عبر قالب صوغ مُصنَّع ليشكّل أنبوباً (أو لوحاً صفائحياً) يُمرّر تالياً في مُبرّد خاص حيث يتصلّب بسرعة.



### المطاط

المطاط مكثور طبيعي، وهو عَصَارَةٌ صمغية القوام تُستخرج من نباتات استوائية مُختلفة. يكتسب المطاط مرونة لوجود لَبَاتٍ ولَقَائٍ في جُزْئياته. والمطاط الخام تموزة المتانة لعدم ترابط جُزْئياته بعضها ببعض. ولإحداث هذه الروابط يُفكّر المطاط بالإحماء مع الكبريت. فينتحول إلى مطاط مُقَوَّى نَحْمَلُ الإطارات المصنوعة منه مختلف أنواع الصدم والمظل دون تمزق.

تُصنَعُ أميال من الأنابيب بواسطة مكينة البنق.

### القولبة

تُحوّل اللدائن إلى أشكال خاصة بالقولبة. ففي مكينة القولبة يدفَعُ المَكْبَسُ الكُرَيَات اللدائنية إلى حيث تصهرها الشحانات، ويضغط السائل اللدائني الحار إلى قالب التشكيل. ثم يُبرّد الماء القالب فتصلّب اللدنة.

تنتج مكينة القولبة قرابة ٩٠ من حُوْدِ الدراجين في الساعة.



### إعادة تدوير اللدائن

يمكن إعادة تدوير بعض اللدائن كما هي الحال في ترقناتلات البوليثين المستعملة في صنع قوارير المياه. حيث تُجمع بالآب وتُنظف، ثم تُنقَل جُذَابَاتٍ يمكن إعادة استخدامها. أمّا القوارير اللدائنية الدُرُوكَة (الخلوة خبونا) فتُصنَع من مكثور الغلوكوز؛ وهي تتفكك بفعل البكتيريا في مكبات النفايات، إلى ماء وثاني أكسيد الكربون.

### ستيفاني كوك

حققت ستيفاني كوك، الكيماية الأمريكية، (من مواليد عام ١٩٢٣) عدّة اكتشافات في مجال المكثورات. فاكشفت مدياً لتصنيع الباب الكفلار الخفيفة جداً والأمن من الفولاذ. وتستخدم هذه الألياف في بناء السفن الفضائية وصنع الصداري التي لا يخترقها الرصاص.



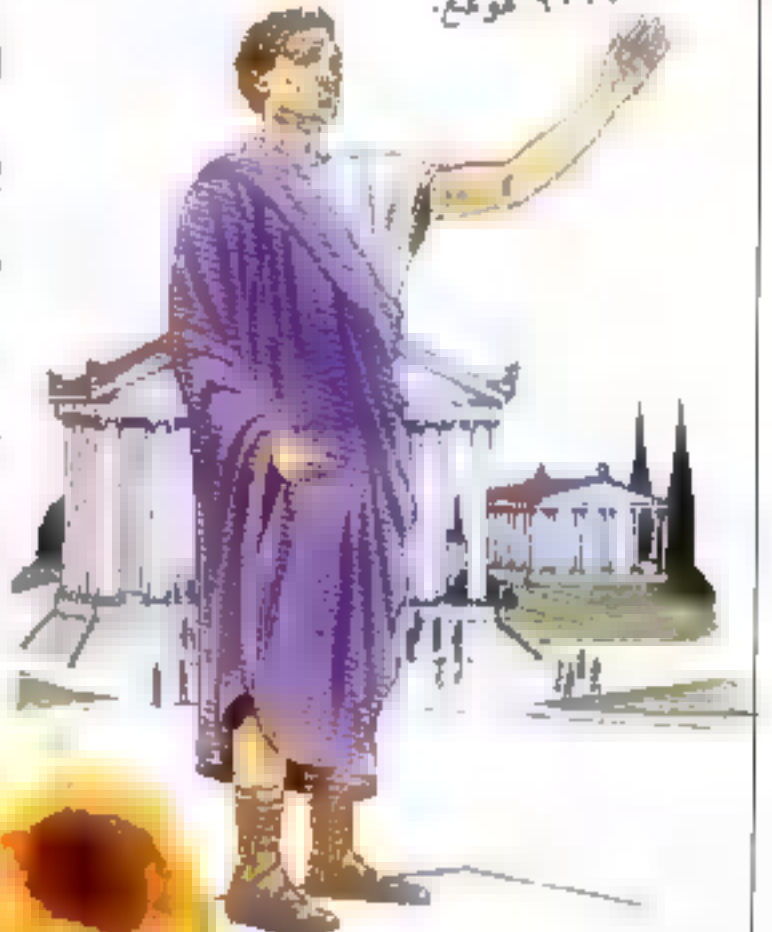
### لزيد من المعلومات انظر

- الكربون ص ٤٠
- الكيمياء العضوية ص ٤١
- التفاعلات الكيماوية ص ٥٢
- مُتَجَات النُظ ص ٩٨
- الألياف ص ١٠٧
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٦

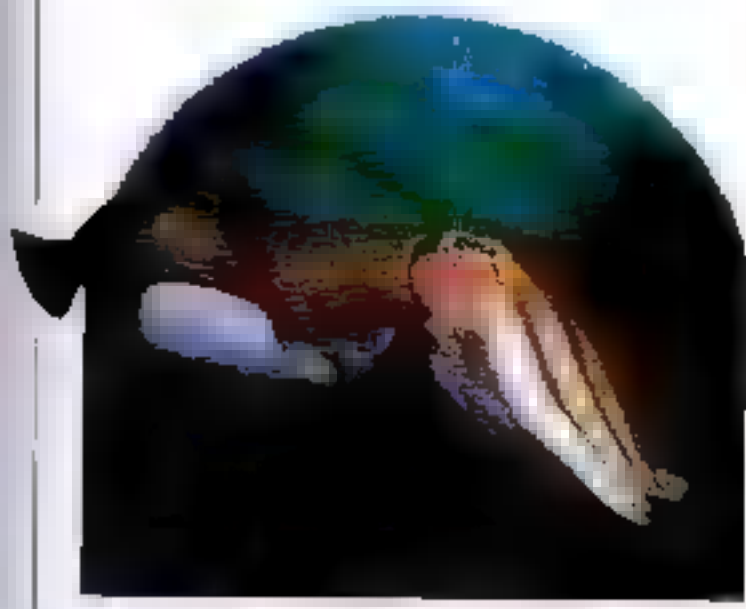


# الأصباغ والخضب

يتطلب صنع غرام واحد من الصبغ الأرجواني لشبلة إمبراطور روماني ٩٠٠٠ قوَّع.



العالم من حولنا يزدهر بالألوان، فمعظم الأشياء قد تمّ تلوينها بالأصباغ أو طلاؤها بالخضب. تلوّن الأصباغ ألياف الملابس والورق والجلد وبعض الأطعمة. فهي بذوبانها في الماء تستطيع اختراق نَحَارِبِ الألياف وفُروجها حيث تترابط مع النسيج في تفاعل كيميائي. أمّا الخضب فهي جسيمات مُلوَّنة غير ذوّابة في الماء. لذا فهي تغطي سطح المادة فقط دون أن تتفاعل معه كيميائيًا. وتُستخدم الخضب في صنّغ الدهانات وجبر الطّباعه وتلوين اللدائن.



يُصدر الخباز (وهو حيوان من الرخويات كالخطبوط) جبرًا ذا خضب طبيعي اسود ليخفي عند الخطر.

تتألّف الخضب في هذا الجبر من كيمائيات عضويّة.

## الخضب

يُنتج الخباز

(الشبذج) من الحيوانات

المفترسة ينشر غمّة من الجبر الأسود

خوله. وقد استُخدم هذا الجبر في القرن

التاسع عشر ليُطفي على الصور

الفوتوغرافية شجرة خفيفة. أمّا اليوم، فتُصنع

معظم الخضب من كيمائيات عضويّة زاهية

الألوان تدوم دون نُصولٍ طويلًا.

## عملية ترسيخ الصبغ

محرارة قوَّع  
ميوركس

تُفرّج الاملاح الفلزيّة

بالماء لتحضير

محلول مُرْسِخ ثم

يُسَخَّن المحلول.

يُفَقِّع القماش

في المحلول

المرسِخ.

يُفَقِّع المرسِخ

بألياف القماش

بزوابط كيميائيّة.

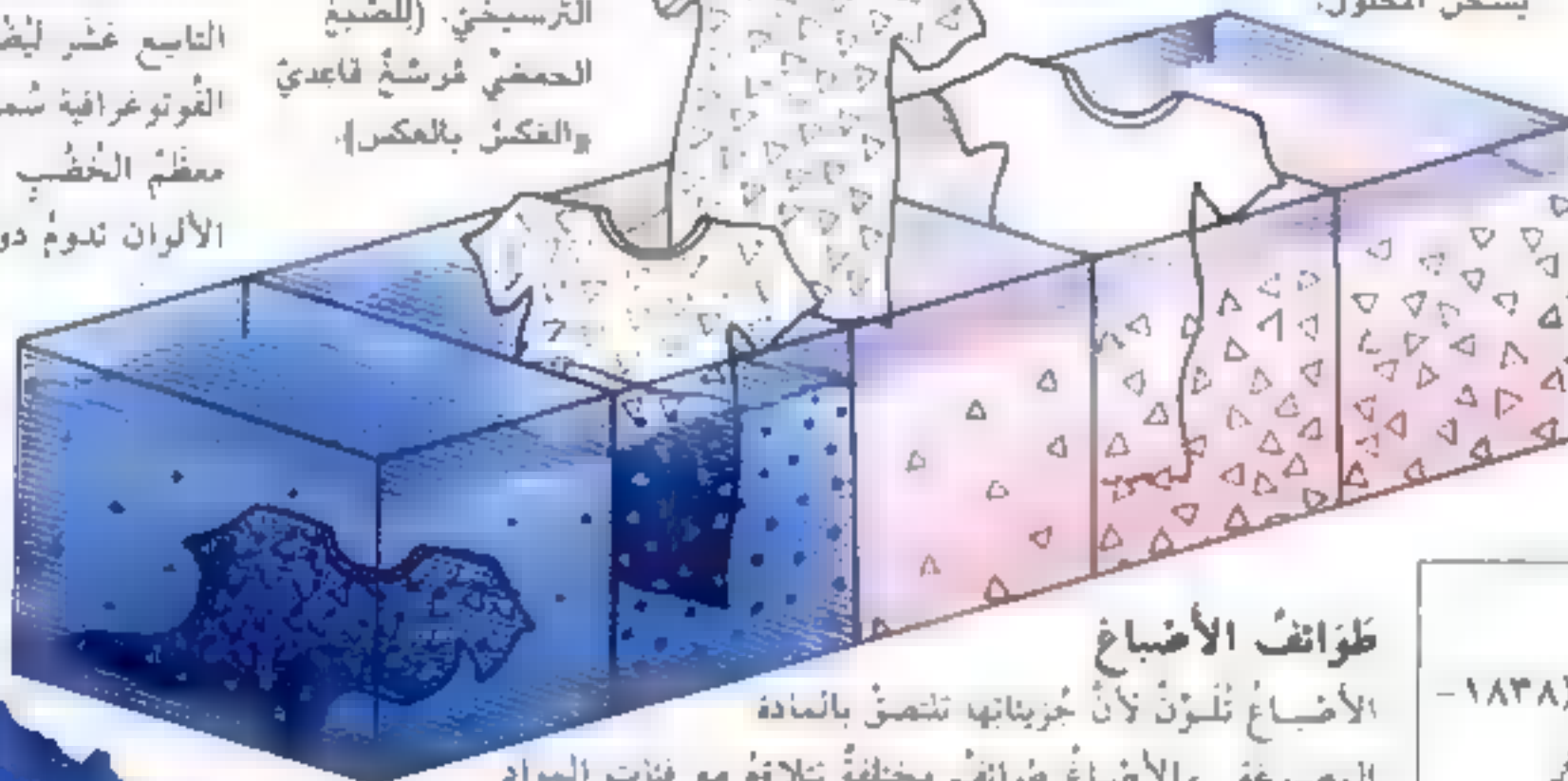
يُفَقِّع القماش في

محلول الصبغ

الترسيخي. (للصبغ

الحمضي مُرْسِخ قاعدي

والعكس بالعكس).



يتكوّن رابط كيميائي بين  
المرسِخ والصبغ يُرْسِخ  
الصبغ بالقماش.

## الأصباغ الطبيعيّة والاصطناعيّة

هنالك الآلاف من الأصباغ المُختلفة - الطبيعيّة منها نباتيّة تُستخرج من نباتات كالقوّة والبليحاء وجينسا الصباغين، أو حيوانيّة تستخلص من المحارّيات كقوَّع ميوركس. أمّا الأصباغ الاصطناعيّة فتُصنع بكثرة أو كُلوَّرة (إضافة الكبريت أو الكلور) إلى الكيمائيات اللَّألونيّة المُستفطرة من النَّظ أو قار الفُحم.

## وليم بيركن

اكتشف الكيمائي البريطاني، وليم بيركن (١٨٣٨-١٩٠٧)، صدفةً، أوّل صبغ اصطناعي في محاولاته تخليق الكينين. فقد استخلص مادة أرجواني الأنيلين من المزيج الذي كان يعمل عليه، ووجد أنها تصلح لصبغة الحرير؛ فسماها مُوف، وأسس مصنعًا لتحضيرها - فكان ذلك بداية لهذه الصناعة.



## طوائف الأصباغ

الأصباغ تلوّن لأن جزيئاتها تتصق بالمادة المصبغة. والأصباغ طوائف مُختلفة تتلاقح مع فئات المواد المُختلفة. فالأصباغ المباشرة تعطي أفضل النتائج في المنسوجات التي تُغسل من وقتٍ إلى آخر فقط كالساتر، بينما أصباغ الراقد مثاليّة للأقمشة التي نخضع للغسل المتكرّر. أمّا الأصباغ الترسبيّة فلا نعمل مُستقلّة، بل بمُساعدة إضافة كيميائيّة (مركب فلزيّ) تُثبّت جزيئات الصبغ في القماش.



يترسّخ الصبغ فلا يكوّل لونه بغسل القماش.

## الدهانات

كلُّ دهان يحوي خضبًا مُلوّنًا ورباطًا راتنجيًّا يثبّت الخضب في مكانه، ومُذيّنًا يُسهّل انسياب الدهان. بعض الدهانات مُذيّنها الماء، بينما مُذيّب الدهانات الصقيبة والمُلمّعة هو الكحول الأبيض - ممّا يُكسبها رائحة قويّة مُميّزة.



دهان  
مائي

دهان  
صقيط

دهان  
مُستحلب



٢ - يُفرّج الخضب  
برباط راتنجي أو  
غرويّ لِيَتَنَشَّر  
الجسيمات بالنشاي.

١ - جسيمات الخضب تُكسب الدهان لونه. يبلغ قطر الجسيم في هذا المسحوق جزءًا من مليون من السنتيمتر.

## جفاف الدهان

عندما يُترك السطح المُطلّي ليُجف، يتبخّر مُذيب الدهان في الهواء، تاركًا جسيمات الرباط الراتنجي والخضب أكثر تقاربًا. فتتفاعل هذه مُكوّنة طبقة متينة صامدة لتُقلّبات الطّقس. وغالبًا ما يحوي الدهان أيضًا خضبًا أبيض يُثبّت الضوء نحو أعيننا، فترى اللون أكثر وضوحًا.

٣ - يُثبّت

الدهان داخل

تجاويف

السطح الحقيقي

ويُختبئ فيها.

٤ - جفاف

الدهان يتبخّر المذيب يُقَرَّب

كيمائيات الدهان وخضبه

بعضها من بعض.

٥ - يثبّت

الرباط الراتنجي

جسيمات الخضب

في مكانها.

## لمزيد من المعلومات انظر

- الرباط الكيميائي ص ٢٨
- الكيمياء العضوية ص ٤١
- المحاليل ص ٦٠
- مُنتجات الفُحم ص ٩٦
- مُنتجعات التجميل ص ١٠٣
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٦



# مُسْتَحْضَرَاتُ التَّجْمِيلِ

استخدم المصريون القدماء مُسْتَحْضَرَاتِ تجميل من مساحيق المعادن لتغيير ملامحهم منذ العام ٥٠٠٠ ق.م. . واليوم تُستخدم هذه المَزُوقَاتُ على نطاقٍ واسعٍ، وهي تُصنع من مَزِيجَاتٍ من الكيماويات المُستخلصة في مُعظمها من المُنتجات النَّقْطِيَّة. وتُضرب هذه مع النباتات والزُّيُوت والشُّموع ومسحوق الطلق والطين ومُرَكِّبَاتٍ فِلِزِّيَّةٍ مُتنوعة. وقبل تسويق أي مُسْتَحْضَرٍ جديد تُبدلُ جُهودٌ فائقة وتُجرى تجاربٌ عديدة لِضمان سلامة استخدامه. وتشتدُّ صرامة الضوابط في المَزُوقَاتِ التي تُماسُ الفم، كأحمر الشَّفاه. في الماضي كان يُجرى اختبارُ هذه الكيماويات على الحيوانات، أما اليوم، فلدى مُعظم الشركات المتخصصة مختبراتها المُتطورة لاختبار هذه المُنتجات.



## مُسْتَحْضَرَاتُ التَّجْمِيلِ قديمًا

المُنتَاقَاتُ في مصر القديمة كُنَّ يستخدمُن الكُحل (وهو الغاليثا أو كيريتيد الرصاص الطبيعي) لِشُيُود سُغُورهنَّ وحواجيهن وأهداب أجفانهن، ويمسحن أجفانهنَّ بمسحوق الفلكتيت (وهو كربونات النحاس القاعدية) كَمُظْلِلٍ لِلْعَيْنِ.

ذُرُورٌ من خُضْبٍ بيضاء، يُكسِبُ الجِلْدَ مِلاسةً ونُعمَةً.

المُطَرِّبَاتُ القَشْدِيَّةُ تَنْبِثُ المَزُوقَاتِ الأخرى على الجِلْدِ.

## قَبْلَ المَكْيَاجِ (التَّزْوِيقِ) وبعده

عُولِجَ نصفُ وَجْهِ هذه العارضة بِالْمَزُوقَاتِ لِتَبْيَانِ تَأثيرها في تَغْيِيرِ مَظْهِرِ الوَجهِ وإِطْلَالِهِ. البداية كانت بِمُطَرِّبٍ قَشْدِيٍّ كَأَسَاسٍ لِلْمَكْيَاجِ وتُصِيبُ المَزُوقَاتِ. ثُمَّ اسْتُخدمَ مِزِيجٌ من الذُّرُورِ الزَّهْرِيَّةِ والأَصْفَرِ والأَبْيَضِ، لِتُظْفَى وَسُومَ الجِلْدِ من زُرْقَةٍ تَحْتَ الْعَيْنِ، أو أَحْمَرَ بِالْأَرَعِيَّةِ الدَّمَوِيَّةِ القَرِيبَةِ من سَطْحِ الجِلْدِ.

تُظْلِلُ الحَاجِبَيْنِ وتُخَطِّطُهُمَا بِرَبْرُ فَنَتْنَهُمَا مُشْكِلَ لَافِت.

مُظْلَلُ الْعَيْنِ هذا بِحَوِي خُضْبًا فِلِزَوْرِيَّةً تَغْطِي الجَفْنَ الأعلى.

مُخَطَّطُ الْأَجْفَانِ الْأَسْوَدُ يَكْجِلُ الْعَيْنَيْنِ وَيَزِيدُهُمَا حُسْنًا وَإِشْرَاقًا.

خُضْبُ الْمَاسْكَارَا الْمَشُودُ يُثَبِّرُ أَهْدَابَ الْعَيْنَيْنِ.

لِشُحْوِي الْخُفْرَةُ خُضْبًا بَيْضِيَّةً وَفَرْنَقِيَّةً تَلَوْنُ الْخُدُونِ.

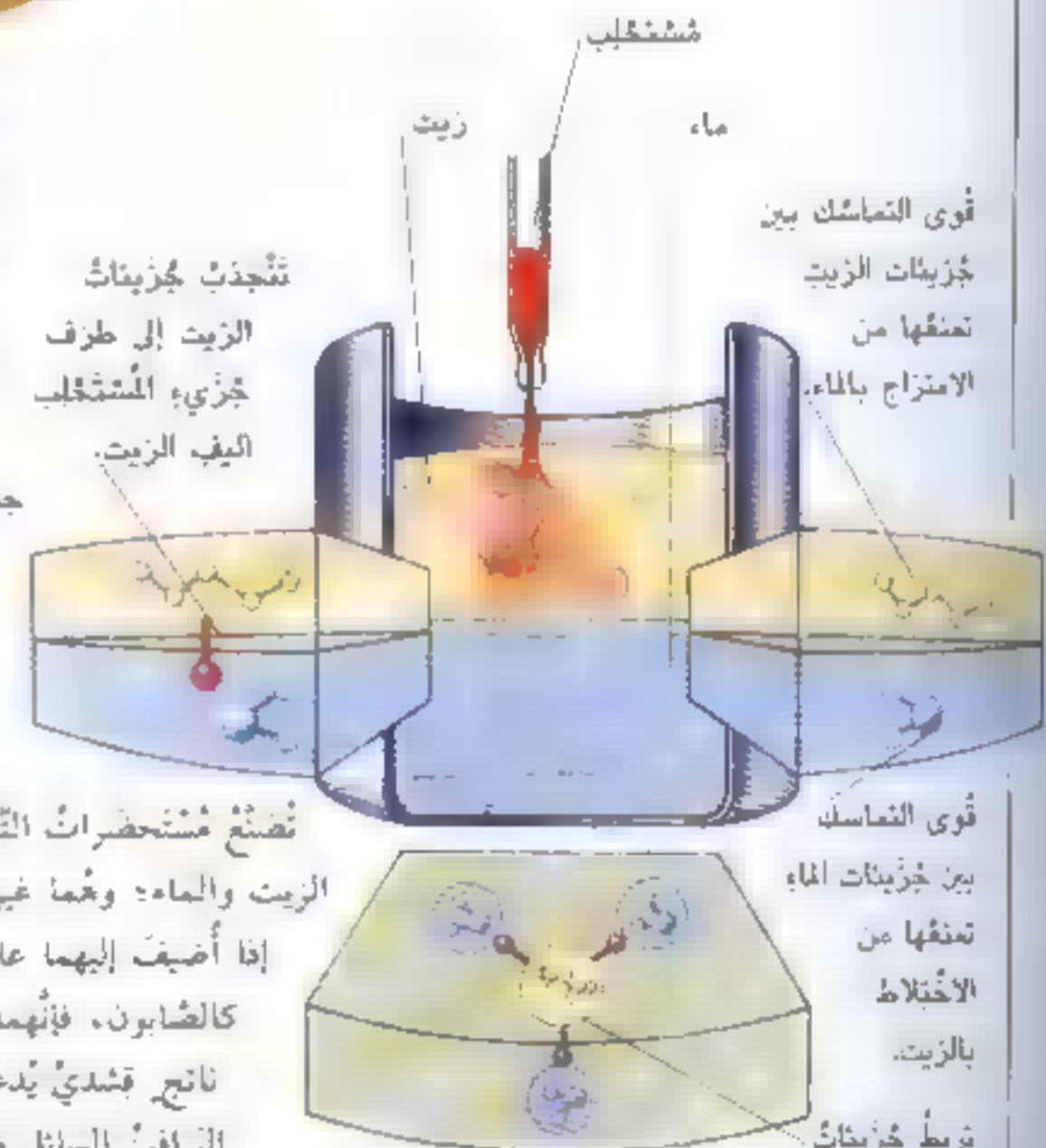
تُخَطَّطُ الشَّفَاهُ بِقَلَمِ التَّخْطِيطِ وَبِحَوِي أَحْمَرُ الشَّفَاهِ الْخُضْبُ الْمَكْتَلَّةُ لِلْوَنِ الْجِلْدِ وَالشَّعْرِ.

هذه بعضُ مُسْتَحْضَرَاتِ التَّجْمِيلِ الَّتِي تَشَاهِدُهَا السِّدَاتُ فِي أَيِّ مَحَرٍّ كَبِيرٍ. وَمِنْ كُلِّ صِنْفٍ مِنْهَا دَرَجَاتٌ لَوْنِيَّةٌ مُتَنَوِّعَةٌ لِتَلَانِمِ جِلْدِ الزُّبُونِ.

تُجَذَّبُ جُزَيْنَاتُ الْمَاءِ إِلَى طَرَفِ جُزْيِ الْمُسْتَخْلَبِ الْيَقِيفِ الزَّيْتِ.

## الْمُسْتَخْلَبَاتُ

تُصْنَعُ مُسْتَحْضَرَاتُ التَّجْمِيلِ غَالِبًا مِنَ الزَّيْتِ وَالْمَاءِ؛ وَغَمَّا غَيْرِ مَزُوجَيْنِ. لَكِنْ إِذَا أُضِيفَ إِلَيْهِمَا عَامِلُ اسْتِحْلَابٍ كَالضَّابُونِ، فَإِنَّهُمَا يَمْتَزِجَانِ فِي نَاجِيٍّ قَشْدِيٍّ يُدْعَى مُسْتَخْلَبًا. الزَّافِيرُ السَّائِلُ وَالْفَاوَزِينُ، (مَنْ التَّقَطُّ)، وَزَيْتُ الْجَزْوَاعِ وَاللَّاتُولِينِ (دُفْنُ الصُّوفِ) تُؤَلِّفُ الْجُزْءَ الزَّيْتِيَّ مِنْ أَيِّ مُسْتَخْلَبٍ.



قُوَى التَّمَاشُكِ بَيْنَ جُزَيْنَاتِ الزَّيْتِ تَمْنَقُهَا مِنَ الْإِمْتِزَاجِ بِالْمَاءِ.

قُوَى التَّمَاشُكِ بَيْنَ جُزَيْنَاتِ الْمَاءِ تَمْنَقُهَا مِنَ الْإِخْتِلَاطِ بِالزَّيْتِ.

تَرِبُطُ جُزَيْنَاتِ الْمُسْتَخْلَبِ جُزَيْنَاتِ الزَّيْتِ وَالْمَاءِ بَعْضُهُمَا بِبَعْضٍ مُتَكُونَةً مُسْتَخْلَبًا مِنَ الزَّيْتِ فِي الْمَاءِ.

## من تَقَالِيدِ الْقَدَامِي

دَابُّ الْأَقْوَامِ الْبِدَايُونِ عَلَى تَلْوِينِ جُلُودِهِمْ بِمُلَوَّنَاتِهِ يَنْخَلُودُنَهَا مِنَ النَّبَاتَاتِ وَالْحَيَوَانَاتِ وَالطِّينِ وَالْمَعَادِنِ. وَاخْتَلَفَتْ أَسْبَابُ ذَلِكَ مِنْ تَبْيَانِ رُتَبَةِ الشَّخْصِ فِي الْمَجْتَمَعِ إِلَى الْإِعْدَادِ لِبُقُوسٍ أَوْ شَعَائِرٍ خَاصَّةٍ. وَلَا يَزَالُ النَّاسُ فِي بَعْضِ الْأَقْطَارِ كَتَبْنَا الْجَدِيدَةِ، يَحْتَفِظُونَ بِتِلْكَ التَّقَالِيدِ الْقَدِيمَةِ حَتَّى الْيَوْمِ.

الْأَقْطَارُ جُزْءٌ قَاسٍ نَوْعًا مِنَ الْجِسْمِ، لِذَا بِحَوِي مَلَاوُهَا مَوَادُّ كِيَمَاوِيَّةٌ لَا يَصْلُحُ اسْتِعْمَالُهَا فِي سِوَاهَا. يَتَأَلَّفُ جِلْدُ الْأَقْطَارِ عَادَةً مِنْ خُضْبٍ فِي قَذِيبِ عُضْوِي كَالْأَسِيْتُونِ.



## عَنَاصِرُ مُسْتَحْضَرَاتِ التَّجْمِيلِ

يَحْوِي مُسْتَحْضَرُ التَّجْمِيلِ عَادَةً مِزِيجًا مِنَ الْمَوَادِّ الْكِيَمَاوِيَّةِ. فَعِلَاءَةُ الْأَقْطَارِ، مَثَلًا، بِحَوِي ١١ مَادَّةً كِيَمَاوِيَّةً عَلَى الْأَقْل - مِنْ رَاتِينِجٍ وَمُلْدَلِيٍّ وَمُذِيبَاتٍ وَخُضْبٍ. كَمَا بِحَوِي الْمَطَرِيَّ الْقَشْدِيَّ (الْأَسَاسُ) ٢٣ مَادَّةً كِيَمَاوِيَّةً؛ وَهُوَ مُسْتَخْلَبٌ مِنَ الزَّيْتِ فِي الْمَاءِ يَقْسُمُ مِزِيجًا مَعْقَدًا مِنَ الْحَوَامِضِ وَالْكَحُولَاتِ.

## لِمَزِيدٍ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ انْظُرْ

- المُرَكِّبَاتُ وَالْمَزِيجَاتُ ص ٥٨
- المَحَالِيلُ ص ٦٠
- الضَّابُونُ وَالْمُنْتَظَفَاتُ ص ٩٥
- مُتَنَجِّجَاتُ الْفَخْمِ ص ٩٦
- الْأَصْبَاغُ وَالْخُضْبُ ص ١٠٢
- خَفَافٌ وَمَعْلُومَاتُ ص ٤٠٦



# الكيمياء في الطب

يتألف جسمك من آلاف المواد الكيميائية المختلفة التي تعمل بانتظام؛ فإذا اختل نظامها تمرض. وحينئذ يتدخل طبيبك للمعالجة بإعطائك مزيداً من الكيماويات بشكل عقاقير. وأمثلة هذه المعالجة ليست أمراً جديداً. فمُنذ أكثر من ٢٠٠٠ سنة، استخدم الناس في بلاد ما بين النهرين قرابة ٢٥٠ نبتة مختلفة و ١٢٠ معدناً لمعالجة الأمراض. وكان الكثير منها لا يزال قيد الاستعمال في القرن التاسع عشر، عندما جعلت خلاصة هذه الكيماويات أقراصاً علاجية. لكن بعض هذه العلاجات أحدث أعراضاً مَرَضِيَّة كتأثيرات جانبية. ويحرص العلماء اليوم على تصنيع كيماويات مماثلة للطبيعية لا تحدث تأثيرات جانبية.

منذ أكثر من ٢٠٠ سنة، كان يُستخدم نقيع مُخْمَر من أوراق القمعية (ديجيتالس) لمعالجة المصابين بقصور القلب. وبعد العديد من السنين، تبين أن تلك الأوراق تحوي عقاراً يُدعى ديجيتوكسين لا يزال يُستعمل في معالجة قصور القلب حتى اليوم.



قطع من قشر الضفصاف

نبات القمعية (ديجيتالس)

## العقاقير الطبيعية

استعمل الطبيب اليوناني، أبقراط، لحاء الضفصاف كمخفف للألم (رغم أنه يُهَيَّج المعدة) منذ العام ٤٠٠ ق.م. والمعروف أن لحاء الضفصاف يحوي مادة كيميائية تُدعى حامض الساليسيليك. وقد تمكن الكيميائي الألماني، فيلكس هوفمان في عام ١٨٩٣، من تصنيع مادة كيميائية من قار الفحم مُماثلة تماماً لحامض الساليسيليك، وذات تأثيرات جانبية أقل. ويُعرف هذا العقار اليوم بالآسبرين؛ ويُستهلك منه سنوياً ما يزيد على ١٠٠,٠٠٠ مليون قرص في سائر أنحاء العالم.



## مراحل تطوير العقار

في صنع عقار جديد لمعالجة مريض معين، قد يُختار للمرحلة الأولى من الاختبارات قرابة ٣٠ مادة كيميائية مُستخلصة من كيماويات نباتية أو مُحْتَبَرِيَّة. وتُجرى الاختبارات على مدى ثلاث سنوات لتُحَرِّي الآثار السُمِّيَّة لتلك الكيماويات التي قد تتفكك مثلاً، لتكوّن موادَّ مُؤذية. وتنتهي هذه المرحلة عادةً باختيار بضعة الكيماويات التي تمتاز هذه الاختبارات بتجاح.

## اختبارات المتابعة

الكيماويات التي تمتاز باختبارات العقار الأولى، يُعاد اختبارها بعناية وجرص على أناسٍ أصحاء لاستقصاء تأثيراتها الجانبية. فتُجعل غُبَات من كل مادة منها مُشعة قليلاً، ليُتَتَبَّع مسارها في الجسم بواسطة غَدَّاد جينجر.

## كيف تعمل العقاقير؟

يُكَلِّ من خلايا الجسم مُستقبلات على سطحها. ويُعتقد أن بعض العقاقير تتفاعل مع هذه المُستقبلات. فالأدريثالين، وهو مادة كيميائية يُنتجها الجسم، يُسرِّع خفقان القلب في أوقات الإجهاد. فالعقار المُسمى ساليونامول مثلاً، يُرخي عضلات الرئة مراعفاً الأدرينالين على مُستقبلات خلايا تلك العضلات؛ بينما العقار المُسمى بروبوانولول يَشُدُّ مُستقبلات خلايا عضلات القلب، ويمنع الأدرينالين من الوصول إليها، وبذلك يمنع القلب من الخفقان بمستويات خطيرة.

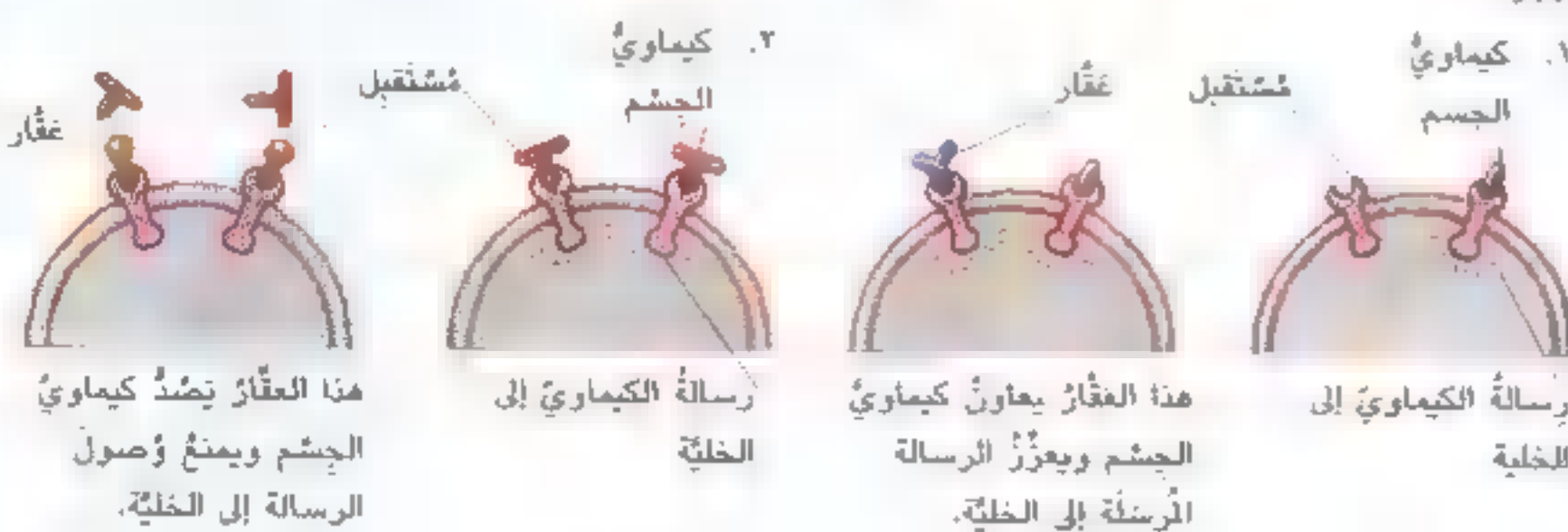
## بول إرليخ

رُفِّعَ الطبيب الألماني، بول إرليخ (١٨٥٤-١٩١٥)، أبحاثه لإيجاد علاج نوعيٍ سحريٍ يقتل الجراثيم المُسببة للمرض، ولا تتأثر به خلايا الجسم البشري. وارتأى أن الأصباغ النوعية الملونة للجراثيم دون سواها من الخلايا قد تكون نقطة البداية. وكان صِبْغ «تريبان» الأحمر المُصنَّع أوَّل مكتشفاته لمعالجة مَرَضِ التَّوَم. ثُمَّ أتبعه لاحقاً بكيماويٍ مثيلٍ لمعالجة الداء الإفرتنجي (السُّفْلِس) أسماء «الفارسان».



## اختبار الاعتماد

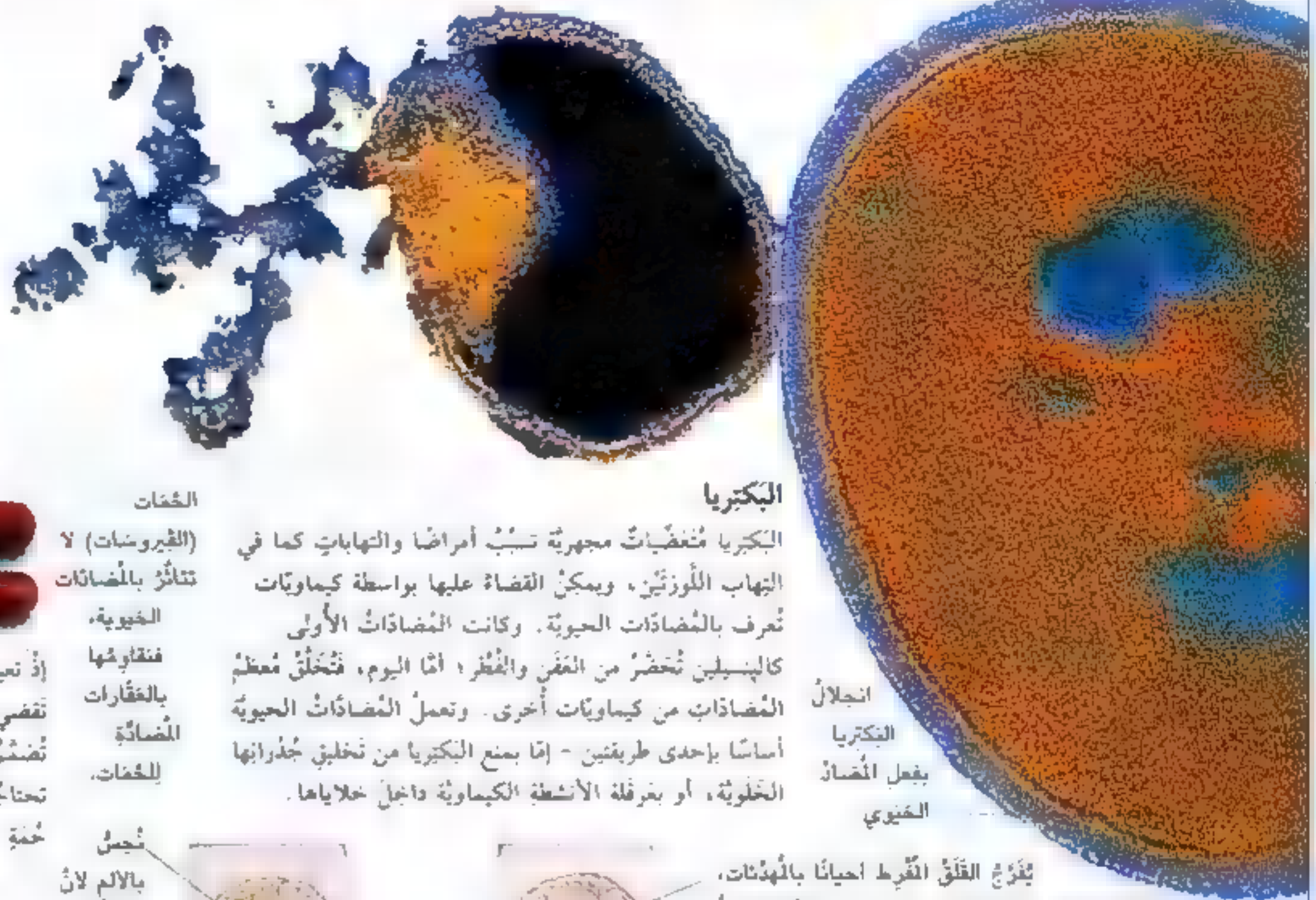
بعد ثماني سنوات من الاختبارات، يُختار العقار الأفضل، وتُعطى أقراص منه إلى مجموعة من المرضى. فيما تُعطى مجموعة ثانية عقاقير غُفلاً (غير فعالة)، وتُقيَّم فعالية العقار بمقارنة المجموعتين.







جُدري الماء داء  
تُسببه بعض  
الحمات  
(الفيروسات)



## الحمات (الفيروسات)

الحمات مُتعضيات مجهرية دقيقة تسبب أمراضاً مختلفة كجُدري الماء (الحُمق) والإنفلونزا والركام. وهي إذا تعيش داخل خلايا الجسم، فإنه يتعدّد تخليق عقاقير تقضي عليها، دون الإضرار بالشخص المُعالج. لذا تُصنّف مُضادات الحُمات كي تحجب الكيمويّات التي تحتاجها الحُمة للتكاثر. وتُجرى حالياً تجارب لمُكافحة حُمة الإيدس الصعبة الجراس بعقار مُناسِب.

الحمات  
(الفيروسات) لا  
تتأثر بالمضادات  
الحيوية،  
فنهاؤها  
بالعقارات  
المضادة  
للحمات.

تُجس  
بالألم لأن  
جهازنا  
العصبي  
يبحث

رسائل من  
الجزء المُصاب في  
الجسم إلى الدماغ. وتُستعمل  
عقاقير التبيخ لوقف تلك  
الرسائل فتُخبر الألم.

## البكتيريا

البكتيريا مُتعضيات مجهرية تسبب أمراضاً والتهابات كما في التهاب اللوزتين، ويمكن القضاء عليها بواسطة كيمويّات تُعرف بالمضادات الحيوية. وكانت المضادات الأولى كالبنسلين تُحضّر من الفطر، أما اليوم، فتُخلّق مُعظم المضادات من كيمويّات أخرى. وتعمل المضادات الحيوية أساساً بإحدى طريقتين - إما بمنع البكتيريا من تخليق جدرانها الخلوية، أو بخرقة الأنشطة الكيمائية داخل خلاياها.

انجلاء  
البكتيريا  
بفعل المضاد  
الحيوي

يُفرّج القلق المُفرط أحياناً بالتهذبات،  
كالديازيبام والبنزازيبام، وهي كيمويّات تتعامل مع  
كيمويّات الدماغ. لكن هذه المهدئات قد تبعث على الإدمان.

## كيمويّات الجسم

يُمرّر الجسم السليم عدداً من الكيمويّات المُتباينة للتحكم في وظائف أجهزته المختلفة. والخلل في كمّية أحد هذه الإفرازات، إفراطاً أو نقصاً يُسبب عللاً مُعيّنة. والكثير من العقاقير هي كيمويّات مُصنّعة لمُعالجة الاعتلال المُعيّن بمُعاونة كيمويّات الجسم على إعادة الجهاز المُختل إلى وضعه الطبيعي.

يتسبّب الإجهاد أحياناً بإنتاج كمّيات كبيرة من الحامض المعدي الذي قد يُسبب القرحة، والاقراض المضادة للحموضة تُخفّف من هذه الحمضية، أما العقاقير المُستخدمة لمُحصرات هـ فتوقّف إنتاج الحامض.

## المُظهرات

قد تتلوّث الجروح بالجراثيم المؤذية إذا لم تُعالج نواً بأحد المُظهرات لتقضي عليها، ويتم ذلك بطرقٍ عدّة. فالكحول الذي يفرّقه الطبيب على جلدك قبل الحقنة يقضي على الجراثيم بتفكيك البروتين الذي تتألف منه خلاياها.

في نوبة الربو، تضغط عضلات دقيقة في الرئتين على مجاري الهواء، فيتعدّد التنفّس. وعندما يُشتدّ غُبار السالبوتامول، ترتخي تلك العضلات وينتشر التنفّس.

التحكّم بكيمويّات الجسم تقوم به الغُدّة كالبنكرياس. فالإنسولين مثلاً، يعمل على حفظ مخزون من السكر في الكبد. وفي الداء السكري يقل إنتاج الإنسولين فيتوجب عندئذ حقن المريض بكثيرة إضافية منه.

التهاب المفاصل يُنتج من  
التهاب انسجتها فتغدو  
مؤلمة. باستعمال العقاقير  
المضادة للالتهاب  
كالأشبرين تُحجّب  
كيمويّات الجسم التي  
تُسبب تورّم المفاصل.

تُخلّق خلايا الدّم البيضاء  
بالانقسام الخلوي في الجهاز  
اللمفاوي. وإذا اختل هذا الانقسام،  
فقد تنتج خلايا سرطانية  
تسبب ابيضاض الدّم  
(اللوكيميا). ويمكن مُكافحة ذلك  
باستعمال عقاقير سامّة للخلايا  
تعرّقل انقسام وتنامي الخلايا  
السرطانية.

## مُكافحة المرض

١٧٩٦ أجرى الطبيب الإنكليزي، إدوارد جُير، أول تلقيح ضدّ الجُدري.  
١٨٦٧ اكتشف العالم الإنكليزي، جوزيف لِسْتِر، أول مُظهر يُستعمل على نطاق واسع - هو حامض الكربوليك.  
١٩٢٨ اكتشف العالم الاسكتلندي، ألكسندر فلمنج، أن فطر البنسليوم يقتل البكتيريا. وأدّى هذا الاكتشاف لاحقاً إلى استخلاص البنسلين كمضاد حيويّ فعال.  
١٩٣٢ طوّر الكيمائي الألماني، جيرهارد دوماغ، أول عقار اصطناعي لقتل البكتيريا (هو عقار السلفا).  
١٩٤١ نجح الطبيب الأسرالي هوارد فلووري والألماني إرنست تشين في استخلاص البنسلين وتحضيره بكمّيات وفيرة.

## لمزيد من المعلومات انظر

كيمياء الجسم البشري ص ٧٦  
الحمات (الفيروسات) ص ٣١٢  
الجراثيم (البكتيريا) ص ٣١٣  
الرئيسات ص ٣٣٦  
الخلايا ص ٣٣٨  
البيئة الباطنية (في الأحياء) ص ٣٥٠  
حقائق ومعلومات ص ٤٠٦



# المواد اللصوقة

استعملات المواد اللصوقة عديدة ومتنوعة - من الدبقي على قفا الطوايح البريديّة وسُدول ظروف الرسائل، إلى الصمّوغ التي تشدّ صفحات هذا الكتاب، أو الغراء الذي يقوّي وصلات الكرسي الذي تجلس عليه، أو يلصق الحذاء الذي تتعلّله. والمواد اللصوقة المستخدمة لصوقات مختلفة ومتعددة كانت مصادرها الأولى من النبات والحيوان. في القرن التاسع عشر، كان المقاط هو المادة القواميّة في المواد اللصوقة؛ أمّا اليوم،

فستعمل المكثورات على نطاق واسع. واللصوق يلزق ويلزق لأنّ جزيئاته تشكّل روابط مع الأجسام التي يلصقها. وهذه الروابط قد لا تقلّ متانتها عن تلك التي تربط الجزيئات في قطعة من الصخر.

راتينج غرائي  
السائل الناز من عُصن  
صنوبر مقطوع، يحوي  
راتينجا استخدم غراء  
على مدى مئات السنين.

لزقت السيارة  
الصفراء باللوح  
براتينج الإيوكسي  
القوي.

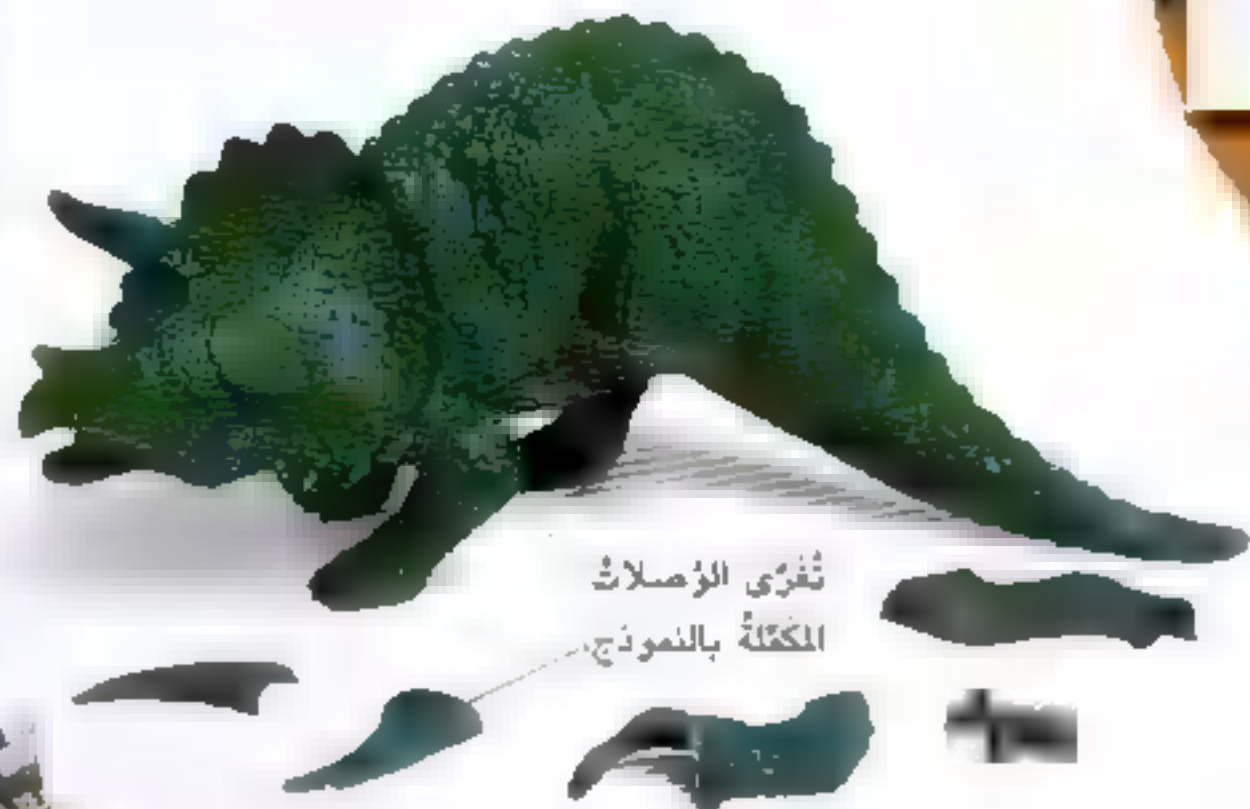


الجزيئات الموزعة تشكّل  
الكثرة وتبقى  
الغراء سائلاً.

## راتينج إيوكسي

تستخدم الصناعات غرائات اصطناعية تدعى  
الراتينجات الإيوكسية التي أصبحت تستخدم شبيهاً على  
نطاق واسع لأنها تلصق مدى واسعاً من الأشياء بروابط  
متينة جداً مقاومة للحرارة ولتقلبات الطقس.

جزء اللصوق



تغري الوصلات  
المكثلة بالنموذج.

## غراء للذّن بالحرارة

يُستعمل هذا الغراء في صنع التماذج،  
وهو يحوي جزيئات البوليسترين مذابة  
في مذيب كالأسيتون. فعندما تغري به  
الوصلّة، يتبخّر المذيب وتتصامم جزيئات البوليسترين معاً  
لتكوّن رابطاً. وعند إحماء الوصلّة، ينصهر الغراء بانزلاق  
الجزيئات بعضها فوق بعض، فيمكن إعادة تشكيلها.

تبدأ جزيئات اللصوق  
بالكثرة (بالنفرة).



تعايد الرطوبة  
السطح الجزيئات  
الموزعة.

## كيف يعمل اللاصوق

المقراّت الحامضية تمنع جزيئات اللصوق من الترابط فيما بينها داخل  
الأنبوب. وعندما ينبجس الغراء من الأنبوب، يتماس مع الرطوبة في  
الهواء وعلى السطح. فتعايد الرطوبة جزيئات المقرا، تاركة جزيئات  
اللصوق تترايط فيما بينها. وتشكّل المكثورات، المولقة من سلاسل من  
الجزيئات، روابط متينة صلبة بين  
السطحين المتماسين للغراء.

خفاز

راتينج

## غراء من جزيئات

بعض الراتينجات الإيوكسية تنظّل خفازاً  
أو مصلداً لتصلّب. فيحفظ الراتينج  
والخفاز في أنبوبين منفصلين ويُمزجان  
معا عند الحاجة. والمزيج سرعان ما  
يشكّل رابطاً لا ينصهر بالاحماء.

## ملصقات

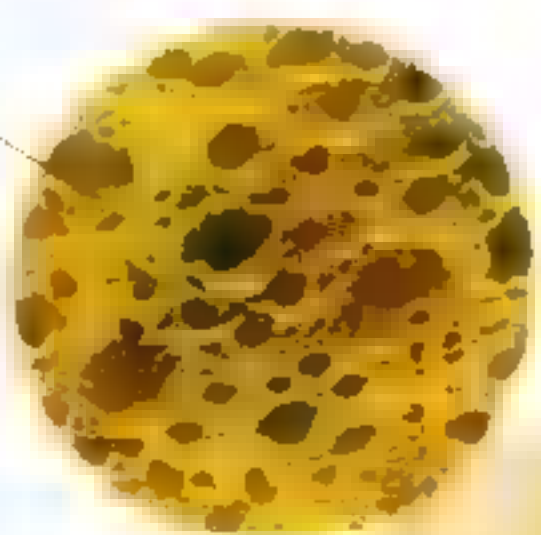
## تكرارية

## الاستعمال

الشريحة الدبقة على ملصق أو بطاقة تكرارية الاستعمال تحيل آلاف  
الفقاعات الدقيقة الدبقة. وفي كلّ مرّة تُلصق الشريحة بسطح ما، تنفجر  
فقاعات قليلة منها، فتظلّ قابلة لأنّ تُترع وتستعمل تكراراً.



صورة فوتوغرافية  
مكثرة لجزيئات لصوق  
قريب بعضها ببعض.



## لمزيد من المعلومات انظر

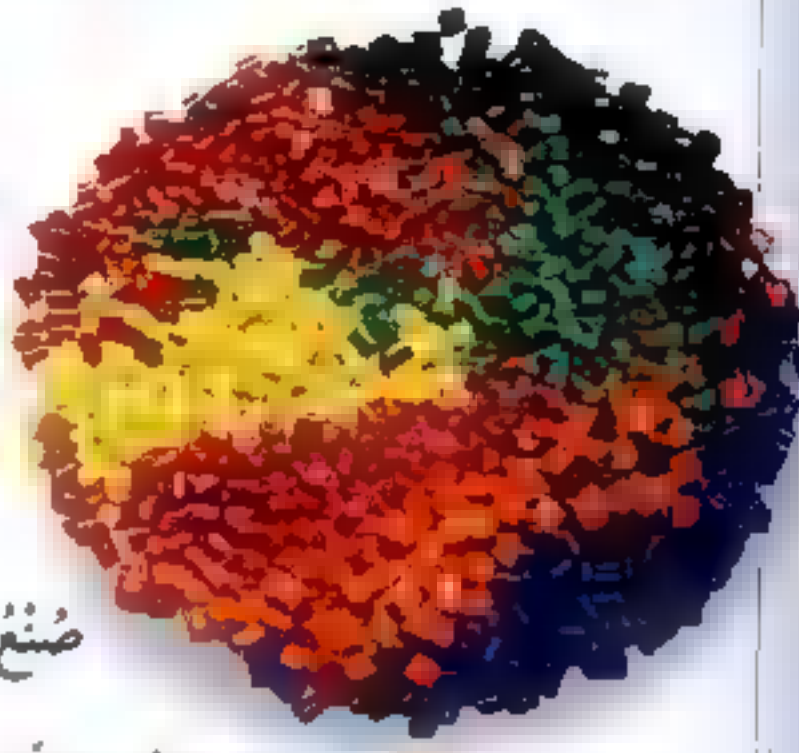
- تغيّرات الحالة ص ٢٠
- الحفازات ص ٥٦
- فضل المزيجات ص ٦١
- المكثورات ص ١٠٠
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٦



# الألياف

تُصنع الملابس من ألياف طبيعية أو اصطناعية أو مزيج من كليهما معًا. الألياف الطبيعية مصدرها بذور النبات أو فراء الحيوان. أما الاصطناعية، كالنيلون مثلاً، فتُستخرج من كيماويات تتواجد في النفط. لقد كسا الإنسان الأول جسده بجلود الحيوانات. ثم بدأ الناس منذ خمسة آلاف سنة يستخدمون الألياف الطبيعية في صنع الأقمشة المتينة. فغزلوا ألياف القطن والصوف خيوطًا. وكانت الحياكة أولى الطرق المعتمدة في نسج تلك الخيوط قماشًا، وما زالت إحدى أهم الطرق لذلك حتى اليوم. ثم ظهرت أساليب الحياكة بالصنارة لإنتاج ملابس دفيئة مرونة سهلة الشئ. وخلال القرن التاسع عشر أصبح الناس أكثر إدراكًا لتكوين الألياف الطبيعية وتصنيعها. وسرعان ما

يُحوّل الكثير من  
خروب  
البتروكيماويات  
إلى كزيات صغيرة  
ثم تُغزل الألياف.

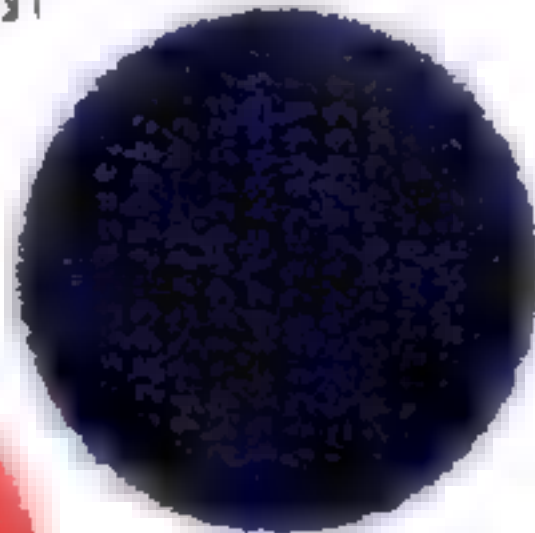


## صنع النيلون

الكيمائيات من النفط  
هي خامات النيلون.



ألياف الصوف  
راخية الأرض  
مما يجعل  
المادة عازلاً  
جيداً للحرارة.



## الألياف الطبيعية والاصطناعية

الألياف التي استخدمت أصلاً  
لصنع الملابس كانت من الصوف  
والقطن والحبر، وكان مصدرها  
النبات والحيوان. أما اليوم، فقد دخلت  
البتروكيماويات أيضاً في تصنيع الألياف  
كالبولينستر والأكريليك والنيلون التي هي  
أمتن وأرخس نمتاً من المواد الطبيعية.

القماش المتلألئ المشع يفتن  
قطرات المطر من اختراقه.

ألياف  
البولينستر  
قوية الاحتمال  
قليلة المطوية،  
لكنها تحتفظ بشكلها  
جيداً.



تلف الخيوط  
على مكب.



تتصلب الألياف في  
مغسّس تبريد.

## صنع النيلون

كان النيلون أول الألياف المصنعة بالكامل من الكيماويات. ويتم ذلك باحماة كزيات النيلون إلى درجة ٢٦٠°س ليتحوّل إلى صهير مكثوري، يُقحم غر المسكة في عملية البثق. وعند ابتاقه من الثقوب الدقيقة إلى الجو البارد، تأخذ خيوط النيلون بالتصلب الذي يكتمل بالمعالجة في مغسّس تبريد خاص، ثم تُغزل خيطاً طويلاً يلت على مكب.

تدار خيوط الرايون  
حول عجلات دوارة  
لتكوّن الخيط (البريم).



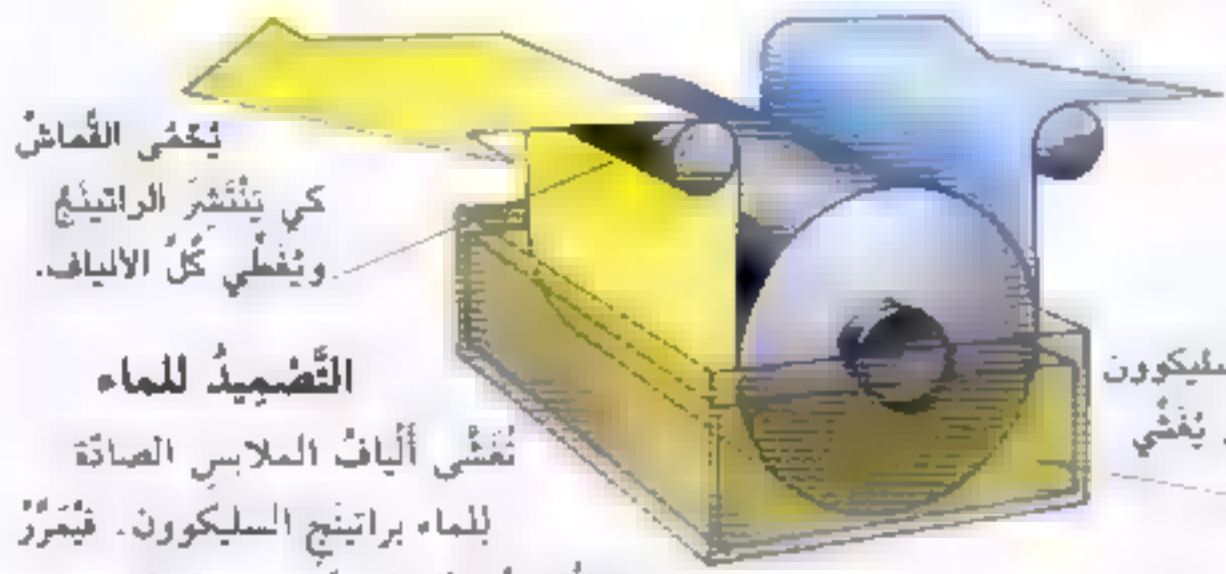
## صنع الرايون

الرايون ألياف تُصنع من سيلولوز لب الخشب. والحقيقة أن ليف الرايون هو ليف مُعاد التكوين لأن السيلولوز، خامه القوامي الأصلي، يفكك ثم يُعاد تشكيله. وهذا يُخلق من المادة الأصلية ضرباً أسمى وأمتن وأسهل للضغ. والرايون أنواع أهمها الفسكوز.



## شاردوني

عالم الكيماوي الفرنسي، الكونت هيلار شاردوني (١٨٣٩-١٩٢٤)، ألياف القطن بمزيج من الكيماويات والكحول، ثم أقجمها في مسكة الألياف. فتبخر الكحول تاركاً أليافاً برّاقة بدت كأنها تشع نوراً، فسُميت تلك الألياف الجديدة الرايون «أو حرير شاردوني» الذي لاقى رواجاً شديداً في أوائل القرن العشرين.



يُغشى القماش  
كي يتشعرات الراجينغ  
ويغطي كل الألياف.

## التضميد للماء

تغشى ألياف الملابس الصاعة  
للماء براتينج السليكون. فيتمز  
القماش غير الراجينغ بواسطة دخاريج  
دوارة، ثم يُغشى ليشعرات الراجينغ إسرؤاً  
عليه. الراجينغ يمنع النسيج من  
امتصاص الماء، فيغدو هذا قماشاً  
ممتازاً لصنع المشمعات والخييم.

راتينج السليكون  
في المغسّس يغشي  
القماش.

## لمزيد من المعلومات انظر

- تغيرات الحالة ص ٢٠
- الترايط الكيماوي ص ٢٨
- المحاليل ص ٦٠
- المكثورات ص ١٠٠
- الأصباغ والخضب ص ١٠٢
- تضميم المواد ص ١١١.



# الورق

تُغطّي الأشجار ثلث سطح الأرض تقريبًا، ويُستخدم الكثير منها في صناعة الورق. فالتجذّعات التي تُشاهد في الخشب تبيّن اتجاه آلاف الألياف الدقيقة التي تُتّجها الشجرة أثناء نموها لنقل النسغ في جذعها ولدعم ثقل أغصانها. في صناعة الورق تُفصل الألياف بعضها عن بعض، ثم تُصمّ ثانياً بشكل مُصّالِب لِتُحوّل إلى طَلَحِيّات رقيقة. فانت حين تمزق طَلَحِيّة من الورق تلاحظ الألياف الدقيقة المتلاصقة لِتؤلّفها. إن إعادة التحريج تعرّض عن الأشجار التي تُقطّع لِتصنيع الورق وتحفظ هذا المورد الأولي المهم من النفاذ.



**بدايات الورق**  
بدأ صنع الورق من الخشب في الصين حوالي سنة ١٠٥ للميلاد باستخدام ألياف شجر التوت. ولعلّ الفكرة استُمدّت من مراقبة الزنابير بُني أعشاشها من جذاذات الخشب الدقيقة.

يُصنع معظم الورق من أشجار الغابات ذات الخشب الرخو كالصنوبر والتّوب.

تُحوّل جذاذات الخشب إلى عجينة الورق.

تُقطّع الأشجار وتنقل جذوعها إلى مصانع الورق بواسطة الشاحنات والإطارات، أو بتطويقها في مجاري الأنهار.

تُقطّع الجذوع إلى جذاذات طول الواحدة منها ٢ سم وسمكها ٥ سم.

لِتحريّر الألياف، تُخضّ جذاذات خشب التّوب مع الحوامض، أمّا جذاذات الخشب الصلب والصنوبر فتُخضّ مع القلويّات.

تُفَرّج الألياف مع مواد الحشو والغزويّات والخشب والأصباغ لِتكوين عجينة ورق ناعمة.

يُزال الماء من عجينة الورق السائلة بالشفط، ثمّ يكتسب الورق بين دحاريج دوّارة.

**صنع الورق**  
يُصنّع الورق في مصانع خاصّة حيث تُقطّع جذوع الخشب إلى قطع صغيرة لِتُمكن الكيماويّات من حلّها وتحرير الألياف. فالكيماويّات السائلة الساخنة، تُذيب اللّجنين (الخشبين) الذي يُلصّب الألياف مقاومتها وشِدّتها. ثمّ تُضاف كيماويّات أخرى لِتجعل الورق صلباً متيناً وغير شفاف. وأخيراً تُعالج عجينة الورق غروباً براتينج القلويّ أو بالشمع لِجعل الورق مقاوماً للماء.

تُزيل الدحاريج الدوّارة الماء الزائد وتُضفّ الورق.

يُضفّل سطح الورق ويُفكّم بجموعه من الدحاريج الدوّارة.

يُخرج الخشب في النهاية لفّة من الورق.

تُجفّف عجينة الورق تدريجيّاً على شبكة سلكيّة.

يُمتصّ سبيّز اللّباد الماء المتبقّي في الورق.

هناك أنواع عديدة من الورق تتفاوت حجماً ومتانة واستعمالاً. كما تُضاف الخشب والأصباغ لِإنتاج مدّي لا حدّ له من الألوان والأشكال.

تُعادّ ثلغيات الورق إلى المصنّع لإعادة تدويرها (وتصنيعها مجدّداً).



**إعادة تدوير الورق (وتصنيعه مجدّداً)**

يمكن تخفيض عدد الأشجار التي تُقطّع لِصنع الورق والكيماويّات والطاقة المستخدمة في صنعه بجمع الجرائد من المنازل، وثلغيات الورق من المكاتب، والكرتون من المصانع وإعادة تدويرها (أي تصنيعها مجدّداً) لِإنتاج المزيد من المُنتجات الورقيّة.

تُنقّم ألياف الورق النسيجي وتُفكّل بسكين أثناء دروجه خارج المكنة فيكتسب الورق نسيجة ناعمة خفلة.

يُصنّع الكرتون بطريقة مماثلة لِصنع الورق.

تُجمع ثلغيات الورق لإعادة التدوير.

## المُنتجات الورقيّة

تُخلف أنواع الورق تبعاً لما تحتويه من ألياف؛ وما يُضاف إليها من كيماويّات ولطريقة مُعالجة عجينة الورق في مكنة التصنيع. هنالك نوعان من الألياف الخشبيّة، نوع رخيص من سحق ألياف الخشب، وآخر أعلى ثمنًا تُصنّع الباقه كيماويّاً.

## لمزيد من المعلومات انظر

- الكرتون ص ٤٠
- الحوامض ص ٦٨
- المكثورات ص ١٠٠
- الأصباغ والخشب ص ١٠٢
- الألياف ص ١٠٧
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٦



# الخزفيات

تولّف الخزفيات الكثير مما حولنا من مختلف أنواع الأطباق والأقداح والأباريق إلى طوب المباني وعوازل الكبلات وبدائل الأسنان. وتُقسّم الخزفيات إلى فئتين - تشمل الأولى المواد التي تُشكّل قبل مُعالجتها بالحرارة كما في الأواني الفخارية والطوب. وتحوي الفئة الثانية المواد التي تُشكّل بعد مُعالجتها بالحرارة كما في الرُجاج والإسمنت.

**طين الخزاف**  
طُفِل الأواني الفخارية مزيج من نوعين من الطين هما الكاولين (أو الطفل الصيني) الذي يُكسب الفخاريات لسطحها الناعمة، والطين اللدن الذي يُكسبها المتانة.

## استعمال الخزفيات

الخزفيات مواد صلبة قصفة تُصنع بشي الطين الصلصالي. وقد استخدم هذا في صنع الأواني الفخارية منذ آلاف السنين، وكان يُشوى في مواقد مكشوفة، أما اليوم، فيُقش في أفران خاصة. ويجري حاليًا تطوير خزفيات جديدة للاستعمال في مُحركات السيارات والطائرات، لأنها صامدة لدرجات الحرارة العالية جدًا، وتدوم طويلًا.

الطوب المتين المقاوم للتجوية مادة بناء مثالية لمختلف المنشآت.

المرجحات الصقيلة على حبات العقد الفخارية هي أيضًا من الخزف.

الطين

المخفف بالفار

يفقد محتواه المائي لتُشكّل بنية آمن وأوثق.

## في داخل الفرن

تُشكّل الأواني الفخارية رطبة وتوضع في الفرن حتى تتصلّد. وفي أثناء الشّي تجري تفاعلات في الطين تتفكك فيها بعض كيميائياته، ثم تُعاود ترابطها مُجددًا لتكوّن مواد آمن وأقوى.

يُشدّ الإسمنت كسارّة الصخر بعضها إلى بعض في مزيج خرساني.

## صنع الإسمنت

الصلصال والطباشير والماء هي المواد الأولية لصنع الإسمنت.

الطين المسامي في أصيص النبات يدع الماء يتبخّر من التربة فيبقى جذور النبات باردة.

تُمزج المواد الأولية خليطًا طينًا رقيق القوام.

يُحقن الخليط الطيني في فرن دوار طوله قرابة ١٨٢ مترًا.

## عملية شك الإسمنت

مزيج من الرّمل والخصباء

يُضاف الإسمنت إلى الرّمل والخصباء.

الماء المُضاف يُحيل جسيمات الإسمنت إلى بلورات.

## شك الإسمنت

بليكات والومينات الكالسوم في الإسمنت تبلور بإضافة الماء. وتشكّل البلورات في الفجوات بين الرّمل والخصب في الخرسانة، فتحيط بها من كلّ جانب مُكوّنة روابط متينة تُشدّ الإسمنت بعضه إلى بعض.

تشدّ بلورات الإسمنت الرّمل والخصب بقوة فتشدّ الخرسانة.

## صنع الإسمنت

في عملية التصنيع، يُحقن الخليط الطيني الرقيق القوام فيتنحّل محتواه الطباشيري إلى أكسيد الكالسوم، الذي يتحدّ مع السليكون والألومنيوم في الصلصال مُكوّنًا السليكا والألومينا (بليكات والومينات الكالسوم) الإسمنتية. ثمّ تُطحن مدرات الإسمنت مع الجبس لمنوع من الشك السريع، وتُجهز لاستخدام البتاتين.

## لمزيد من المعلومات انظر

- تغيّرات الحالة ص ٢٠
- الترايط الكيماوي ص ٢٨
- الكبياء العضوية ص ٤١
- المواد ص ٨١
- الأصباغ والخشب ص ١٠٢
- الألياف ص ١٠٧



# الزجاج



## زجاج يدوي التصنيع

لصنع الزجاج يدوياً تؤخذ كتلة من الزجاج المنصهر على طرف قضيب مجوف من الحديد وتفتح فيها فتحة صغيرة. ثم يبرّد الزجاج بالملقعة على لوح حديدي ويُشكّل بالأدوات بينما يُعاد إحماءه دورياً لتيسير المعاملة.

## مقومات الزجاج الأولية

ينصهر الرمل عادة على درجة 1700°س، لكن إذا مزج مع كربونات الصوديوم (الصودا)، تنخفض درجة الانصهار وتوفر الطاقة. وتضاف كربونات الكالسيوم (الحجر الجيري) لمنع الزجاج من التدوير في الماء. كما تُضاف أيضاً كمّز الزجاج فتصهر لإعادة تدويرها.

كربونات الكالسيوم  
كثافة الزجاج

زجاج

كربونات الصوديوم (الصودا)

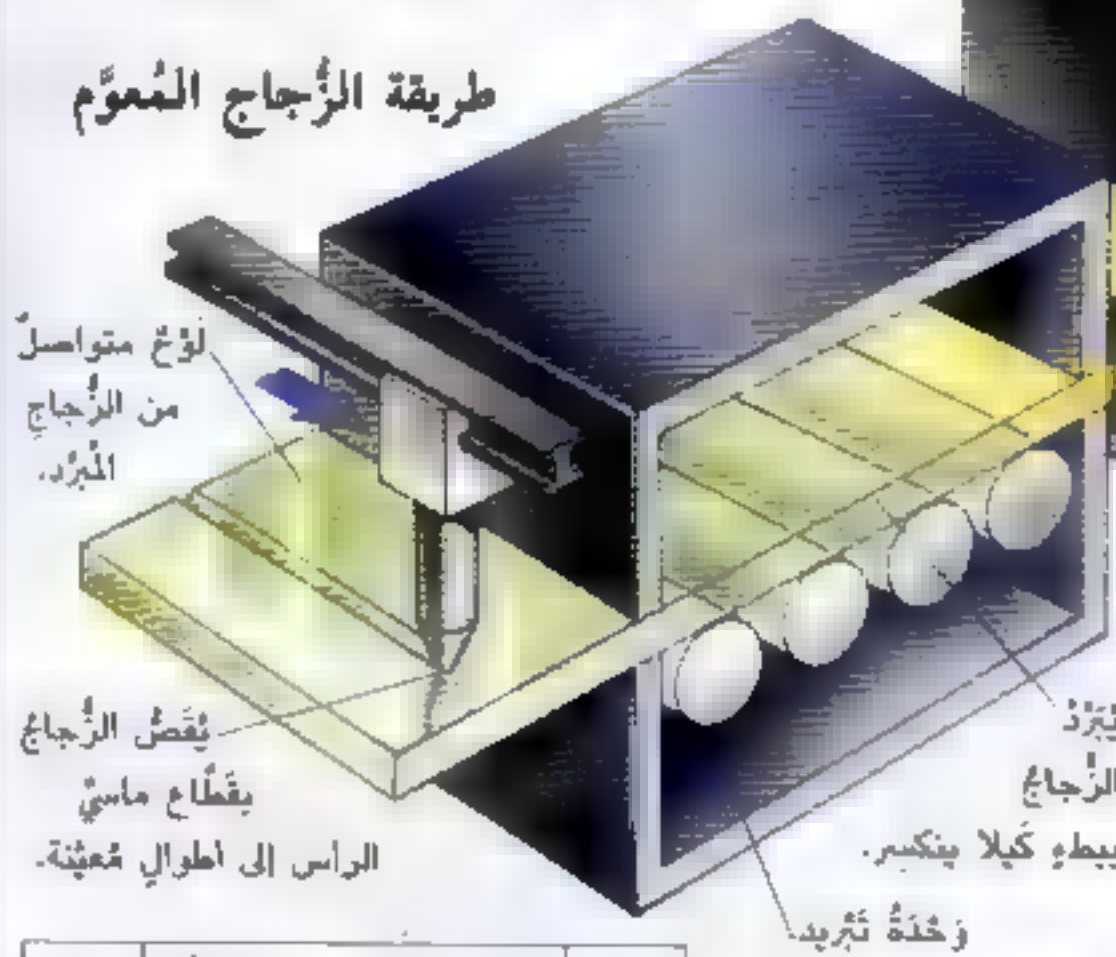
الزجاج أخذ أقدم المواد المُستحضرة اصطناعياً، إذ يرجع تاريخ صناعته إلى ما قبل 5000 سنة. والزجاج فعلاً هو رمل سائل مُبرّد لما يكتسب شكله - لذا تجد ألواح الزجاج العتيقة أنحن قليلاً في قاعدتها. والزجاج مادة مُفيدة جداً لأنه سهل التشكيل إلى أوعية شفافة صلبة، لا يصدأ ولا يتأثر بالكيماويات. وهو أيضاً رخيص التصنيع ويمكن إعادة تدويره مرّات عديدة. ويُستخدم الزجاج على نطاق واسع - من أكواب الشراب إلى عدسات تصحيح الرؤية. ويمكن تغيير خصائصه بإضافة الكيماويات أو مواد أخرى كالأسلاك أو بالتحكم في نمط تبريده.

## عملية القوالب

### صنع القوارير

تستخدم قوالب خاصة في تشكيل الزجاج المنصهر إلى أشكال مختلفة. ففي تشكيل القوارير، مثلاً، تُسقط كمّزة من الزجاج المنصهر في قالب التشكيل وتُدفع إلى قعر القالب بالهواء المضغوط. ويُفتح الهواء مُعدداً غير الكمّزة (كتلة الزجاج) لتشكيل القارورة مُبدئياً. ثم تُنقل هذه إلى قالب آخر حيث تُفتح مُجدداً لتأخذ شكل القارورة النهائي.

## طريقة الزجاج المعموم



لوح متواصل من الزجاج المبرّد.

يُقَصَّر الزجاج بقطاع ماسي الراس إلى أطوال مُعيّنة.

تُرْفَع القارورة الزجاجية الناجمة من القالب

يدفع الهواء المضغوط الزجاج في قالب التشكيل

تُسقط كمّزة من الزجاج المنصهر في قالب التشكيل

يبرّد الزجاج ببطء كيلا ينكسر. وخدّة تبريد

يُضاف أكسيد البورون إلى خامات الزجاج الأولية لصنع زجاج البوروسليكات. ويُستعمل هذا الزجاج في صنع الطباق الأفران وأواني المختبرات الزجاجية لأنه صامد للتغيرات في درجات الحرارة.

### لمزيد من المعلومات انظر

- تغيّرات الحالة ص 20
- أشباه الفلزّات ص 29
- الآلياف ص 107
- تصميم المواد ص 111
- الانعكاس ص 144
- حقائق ومعلومات ص 206

## زجاج لوحيّ معموم

صنع ألواح النوافذ الزجاجية عملية غسيرة جداً. في إحدى طرق التصنيع تُسطّح ألواح الزجاج بين دحاريج دوّارة، لكنّ الألواح الناتجة لا تبلغ حدّ الكمال. لكنّ ذلك يتحقّق بطريقة بارعة هي طريقة الزجاج المعموم. في هذه الطريقة، يُعوّم الزجاج المنصهر فوق منطس من القصدير المنصهر، فيصبح سطح الزجاج ملساً تاماً الاستواء كسطح الفلّزّ تحته. ثم يُنقل الزجاج بواسطة الدحاريج الدوّارة للتبريد والتّقسية.

يتكوّن الزجاج بالكيماويات. فكريبتيد السيلينيوم يكتسب الحمرة وأكسيد النحاس يكتسب الزرقة، وتجعله الألومينا والفوسفاتات لبنّي اللون.

## تغيير خصائص الزجاج

الطريقة التي يُعالج بها الزجاج بعد خروجه من الفرن تُغيّر خصائصه فتجعله ملائماً لأغراض مُعيّنة. فالتبريد السريع ينافذات الهواء يُنتج زجاجاً متيناً يَصْلُحُ لنوافذ السيارات.

وبإضافة الكوبلت وأكسيد السيلينيوم يمكن إزالة مساحة الانعكاس من الزجاج الخام.

تُستخدم ألياف الزجاج الدقيقة في عزل الصوت والحرارة وفي تقوية اللدائن.





# تصميم المواد

كَمْ يَكُونُ الْعَيْشُ فِي بَيْتِكُمْ مُخْتَلِفًا وَعَسِيرًا لَوْ كَانَ كُلُّ مَا فِيهِ مَصْنُوعًا مِنْ مَادَّةٍ وَاحِدَةٍ كَالْفُولاذ! المعروف أَنَّ الْبَيْتَ يَتَطَلَّبُ أَصْنَافًا مُتَعَدِّدَةً مُنْتَوَعَةً مِنَ الْمَوَادِّ - فإِطَارَاتِ النُوافِذِ مَثَلًا، تُصْنَعُ مِنَ الْخَشَبِ الْمَتِينِ، بَيْنَمَا تُتَّخَذُ مَاطُورَاتُهَا مِنَ الْوَحاحِ الرَّجَاجِ لِإِنْفَادِ الضَّوئِ وَصَدِّ الْمَطَرِ. وَالْيَوْمَ، قَدْ يُسْتَبَدَلُ بِالْخَشَبِ اللَّدَائِنُ، كَمَا قَدْ تَرَجَّجُ النُوافِذُ بِالْوَاحِ مُزْدَوِجَةٌ لَمَنْعِ سُرُوبِ الْحَرَارَةِ. وَمَا فَتَى النَّاسُ يَبْحَثُونَ عَنْ مَوَادِّ جَدِيدَةٍ تَجْعَلُ سُبُلَ الْعَيْشِ أَيْسَرَ وَأَقْلَ تَكْلِفَةً. وَقَدْ يَتَضَمَّنُ هَذَا السَّعْيُ اسْتِخْدَامَ مَوَادِّ قَدِيمَةٍ بِأَسَالِيبَ جَدِيدَةٍ، أَوْ ضَمَّ مَوَادِّ مُخْتَلِفَةٍ بَعْضُهَا إِلَى بَعْضٍ، أَوْ إِجْرَاءَ تَجَارِبَ عَلَى الْكِيمَاوِيَّاتِ لِإِتْيَاقِ مَوَادِّ جَدِيدَةٍ تَمَامًا. وَيَنْبَغِي إِخْضَاعُ كُلِّ مَادَّةٍ أَوْ تَوَلِيفَةٍ مَوَادِّ جَدِيدَةٍ لَاجْتِبَارَاتٍ دَقِيقَةٍ شَامِلَةٍ لِلتَّكَادُّ مِنْ صِلَاحِيَّتِهَا.



## لَدَائِنُ مُعَزَّزَةٌ بِالرَّجَاجِ

تَكْتَسِبُ اللَّدَائِنُ قُوَّةً إِضَافِيَّةً إِذَا عُرِزَتْ بِالْأَلْيَافِ الرَّجَاجِيَّةِ، وَتَعْرِفُ حَيْثُ بِالرَّجَاجِ اللَّيْفِيِّ. وَيُسْتَعْمَلُ هَذَا الرَّجَاجُ فِي بِنَاءِ الْفَوَارِثِ وَغَيْرِهَا مِنَ التَّجْهِيَّاتِ. وَهُوَ مِثْلُ عَلَى مَادَّةٍ مُؤَلَّفَةٍ تَجْتَمِعُ فِيهَا مَادَّتَانِ شَائِعَتَانِ.

بِتَأْلُفِ مِثْلِ السَّائِلِ (الْقَمَرِ الصَّنَاعِيِّ) مِنْ قَلْبٍ لَدَائِنِيٍّ أَوْ مَعْدِنِيٍّ تُخَرَّبُونِ الْبِنْيَةَ مُصَفَّحًا مِنَ الْجَانِبَيْنِ بِالْوَاحِ لَدَائِنِيٍّ مُعَزَّزَةٍ بِالْأَلْيَافِ كَرْبُونِيَّةٍ مُفْرَاقَةٍ بِالسُّوَقَاتِ نَتِيجَةً.

تُلصَقُ اللَّدَائِنَةُ الْفُطْلَانِيَّةُ عَلَى هَذَا الْجَانِبِ مِنَ الْغُشَاءِ الْخُرَائِي.

غُشَاءٌ خُرَائِي

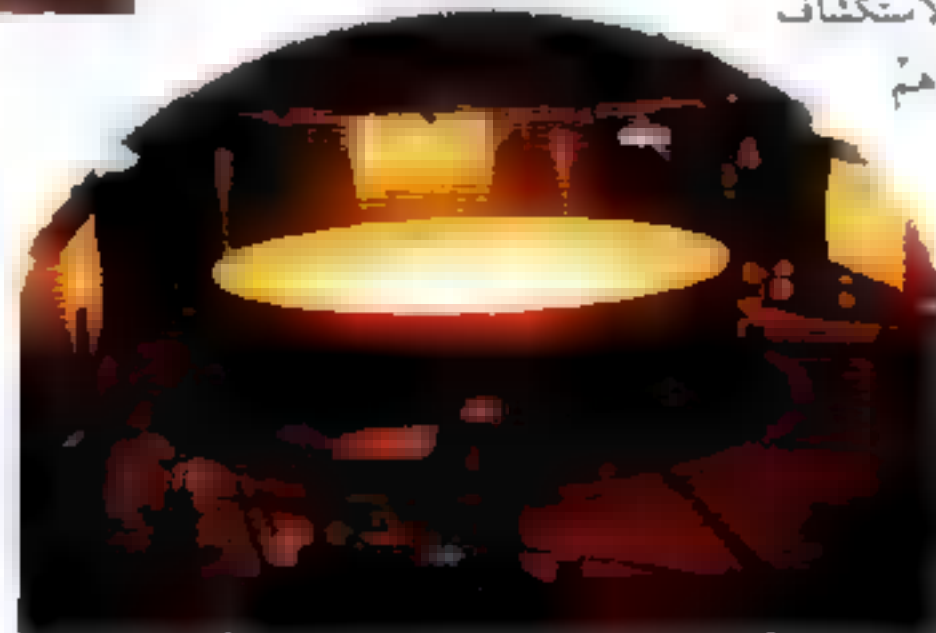
قَلْبٌ مَعْدِنِيٌّ (مَلَزِي) أَوْ لَدَائِنِيٌّ تُخَرَّبُونِ الْبِنْيَةَ.

## مَوَادُّ السَّوَاتِلِ

لِغْيِ تَحْمِلِ السَّوَاتِلِ ظُرُوفِ الْغَدَبِ وَالْإِنْفِلَاقِ الْقَاسِيَةِ إِلَى الْفَضَاءِ وَفِيهِ، يَنْبَغِي أَنْ تُبْنَى مِنْ مَوَادِّ خَاصَّةٍ أَكْثَرُ مَرُونَةٍ وَمَتَانَةٍ مِنَ الْخَشَبِ أَوْ الْمَعْدَنِ. لِذَا تُصْنَعُ السَّوَاتِلُ مِنْ مَوَادِّ مُطَوَّرَةٍ خَصِيصًا لِذَلِكَ - خَفِيفَةً لِتَيْسِيرِ الْإِنْفِلَاقِ مِنَ الْأَرْضِ، وَمَتِينَةً لِتَحْمِلِ الْإِجْهَادَاتِ وَالْإِنْفِعَالَاتِ الَّتِي تُجَاوِزُ السَّوَاتِلَ فِي مَدَارَاتِهَا حَوْلَ الْأَرْضِ.

## رَضْدُ النُّجُومِ

تُسْتَعْمَلُ التِّلِسْكُوبَاتُ الْعَمَلَاءَةُ لِاسْتِكْشَافِ أَجْوَاءِ الْفَضَاءِ الرَّحِيبِ. وَمِنْ أَمَمِ مَقُومَاتِ التِّلِسْكُوبِ الْمَرَاةُ الْفَصْحَةُ اللَّازِمَةُ لِتَكْوِينِ صُورَةٍ وَاضِحَةٍ يَسْتَطِيعُ عُلَمَاءُ الْفَلَكِ رُؤْيَا مُفَضَّلَةً. وَتُصْنَعُ أَمَتَانُ هَذِهِ الْمَرَاةِ مِنْ رَّجَاجٍ خُرَافِيٍّ مَتِينٍ لَا يَتَهَشَّمُ بِثِقَلِ الْمَرَاةِ كَمَا لَا يَتَأَثَّرُ شَكْلُهُ بِتَغْيَرِ دَرَجَاتِ الْحَرَارَةِ.



## مَوَادُّ لِإِنْفَادِ الْحَيَاةِ

مِنْ أَمَمِ إِنْجَازَاتِ الطَّبِّ الْحَدِيثِ إِمْكَانِيَّةُ تَعْوِيضِ الْكَثِيرِ مِنْ أَجْزَاءِ الْجِسْمِ الْقَلِيلَةِ أَوْ الْمَغْطُوبَةِ بِبَدَائِلِ اصْطِنَاعِيَّةٍ. فَتُسْتَعْمَلُ السَّيَّانِكُ الْفَلْزِيَّةُ فِي صُنْعِ صَفَانِحِ الْفِيخْفِ، وَالْمُؤْتَلَفَاتُ الْفَلْزِيَّةُ اللَّدَائِنِيَّةُ فِي صُنْعِ مَفَاصِلِ الْخُوضِ الْاصْطِنَاعِيَّةِ، وَالْأَلْيَافُ النِّسِيجِيَّةُ فِي صُنْعِ الْأَوْعِيَةِ الدَّمَوِيَّةِ. وَتَجْرِي حَالِيًا تَجَارِبٌ عَلَى الْقُلُوبِ الْاصْطِنَاعِيَّةِ مِنَ اللَّدَائِنِ الْأَلُومِينِيَّةِ.

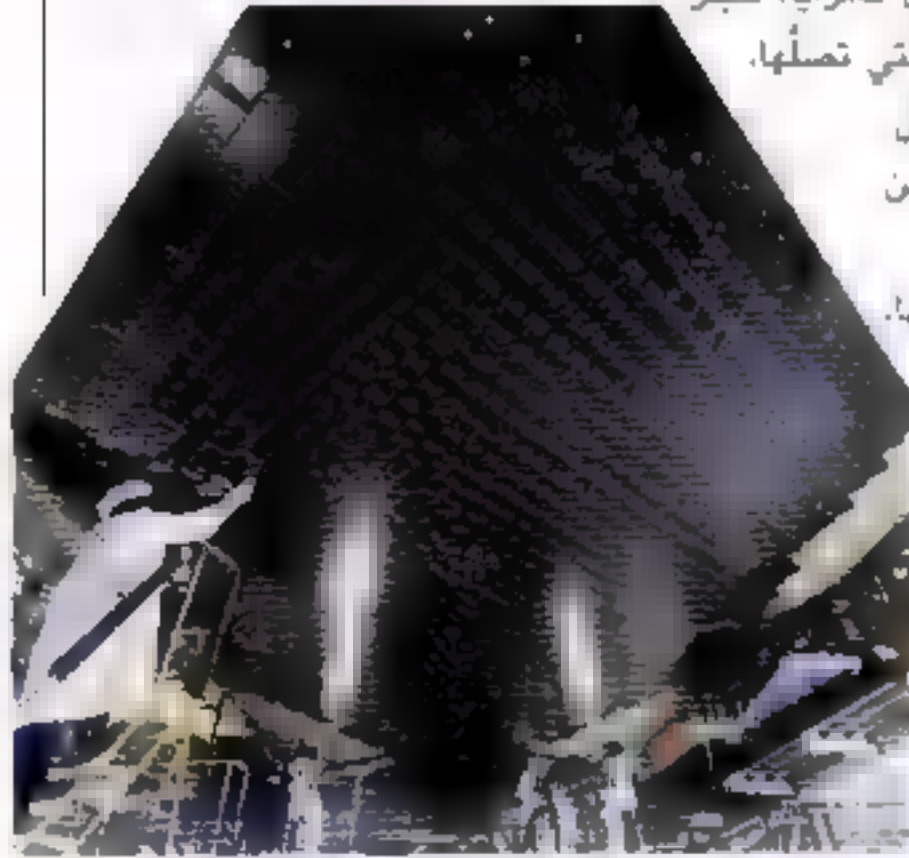
## بِفَضْلِ الْمَوَادِّ الْمُؤَلَّفَةِ

تَسْتَطِيعُ السَّوَاتِلُ الضَّخْمَةُ الْإِنْفِلَاقَ بِسُرْعَةٍ فِي أَرْجَاءِ الْفَضَاءِ - مِنْ حَيْثُ يُمْكِنُهَا إِرسَالُ الْإِشَارَاتِ بِدِقَّةٍ إِلَى أَيِّ بَلَدَةٍ عَلَى سَطْحِ الْأَرْضِ.

الْهَوَانِيَّاتُ الْعَدِيدَةُ

تَعْمَلُ كَالْمَرَايَا، فَتُبَيِّنُ الْإِشَارَاتِ الَّتِي تَصِلُهَا. وَهَكَذَا تَتَلَقَّى الْإِشَارَاتِ مِنَ الْأَرْضِ أَوْ تَرْسِلُهَا إِلَيْهَا.

الْهَوَانِي



## مَوَادُّ مُقَاوِمَةٌ لِلْحَرَارَةِ

تُسْتَطِيعُ السَّيَّانِكُ الْخُرَافِيَّةُ الْفَلْزِيَّةُ (السَّرْمَتُ) الصُّمُودَ لِدَرَجَاتِ الْحَرَارَةِ الْعَالِيَةِ جَدًّا. وَمِنْ تِلْكَ السَّيَّانِكِ تُصْنَعُ أَرِيَاشُ الثَّرِيَّاتِ الثَّقِيلَةِ وَمَنَافِثُ الصَّوَارِيخِ الَّتِي تَرْتَفِعُ دَرَجَةً حَرَارَتِهَا أَرْفَعًا مُذْهِلًا أَثْنَاءَ الْعَمَلِ. وَيُغْرَزُ الْمَكُونُ الْفَضَائِيُّ بِأَلْفِ أَجْرٍ السَّرْمَتِ لِمَقَاوِمَةِ حَرَارَةِ الْإِحْتِكَالِ النَّاتِجَةِ خِلَالَ عَوْدَتِهِ إِلَى جَوْ الْأَرْضِ.

## لِمَزِيدٍ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ انْظُرْ

خَصَائِصُ الْمَادَّةِ ص ٢٢

السَّيَّانِكُ ص ٨٨

الْأَلْيَافُ ص ١٠٧ - الْوَرَقُ ص ١٠٨

الْخُرَافِيَّاتُ ص ١٠٩

الرَّجَاجُ ص ١١٠

حَقَائِقُ وَمَعْلُومَاتُ ص ٤٠٦



# التلوث الصناعي

التلوث هو النتيجة الطبيعية لاستعمالنا أنواعاً مختلفة من المواد التي تبتعث إلى المحيط الذي نعيش فيه ملوثات تُضر بالكائنات الحية وبمختلف البيئات والإنشاءات. حتى قرابة مئتي عام خلت ظل التلوث البيئي قليلاً ومحدوداً لأن عدد السكان كان أقل وكان استخدام الناس في غالبيته مقصوراً على المواد الطبيعية. فكانت فضلاتهم تتفكك وتتحلل بفعل ميكروبات التربة.

أما اليوم فالمصانع والسيارات والكثير من المكنات ومحطات القدرة تُسوّء البيئة بملوثاتها، كما إن بعض نفاياتنا وفضلاتنا غير قابلة للتفكك، وهي تلوث اليابسة والماء والهواء. ويحاول خبراء الصناعة حالياً الحد من التلوث الذي تسببه الصناعات المختلفة.



## طبقة الأوزون

الغازات الكربونية المهلجنة بالكلور والفلور والتي تُستخدم في المبرّدات ووسائل التبريد تُثَلِّف طبقة الأوزون عندما تتسرب إلى أعالي الجو. ويجري حالياً استبدال ثاني أكسيد الكربون والغازات

الهدروكربونية المناسبة، التي لا تؤثر في طبقة الأوزون، بتلك الغازات المهلجنة.

يمكن تخفيض كميات ثاني أكسيد الكبريت في الأديحة باستخدام وقود خالٍ من الكبريت، أو بترش الدخان بالماء قبل أن يترك المدخنة.

كثير من مواد مياه الشرب يمكن استخدامها كمواضيع أولية في عمليات صناعية أخرى.



## تغطية المناظر المؤدية

تحتل المكنات القريبة من المدن بالنفايات التي تُخزن فوق صفائح من البوليثين لتتحكم في تصريف المياه. أما الميثان الناتج عن تفكك النفايات كيميائياً فيُجمع في أنابيب ويُستخدم كوقود. وعندما يمتلئ المكب، تُغطى النفايات بالتراب وتُغرس بالنباتات المناسبة لخلق مواطن جديدة للحوانات.

جسيمات الأديحة الصلبة يمكن إزالتها في الداخل بواسطة فرشاة الكبريتات، حيث تتجلى الجسيمات على الجدران الداخلية للمدخنة.

إستخدام البنزين غير المرصص، يُخفف تلوث البيئة بالرماس.

## أشكال من التلوث

يتخذ التلوث أو التلويث

الصناعي أشكالاً عديدة: فاستخراج المواد الأولية من الأرض يُثَلِّف مواطن التلوث والحيوان ويترك حفرًا هائلة. وتولّف أكوام النفايات الصناعية الجامدة تلالاً لا تحلو للنظرين. وقد تنتج أديحة المصانع حوامض في الشب ومطرًا حامضياً مُضرًا بالنبت أو تمنتج مع غازات المودم من وسائل النقل ناشرة الضخان (الضباب الدخاني) فوق المدن. وقد تحوي المياه المنصرفة من المصانع فضلات تسمم الأحياء المائية. ولا تنسى بقع الزيت الضخمة على صفحة مياه البحر عند تعرض البواخر أو ناقلات الزيت للحوادث.

## حفظ الحرارة

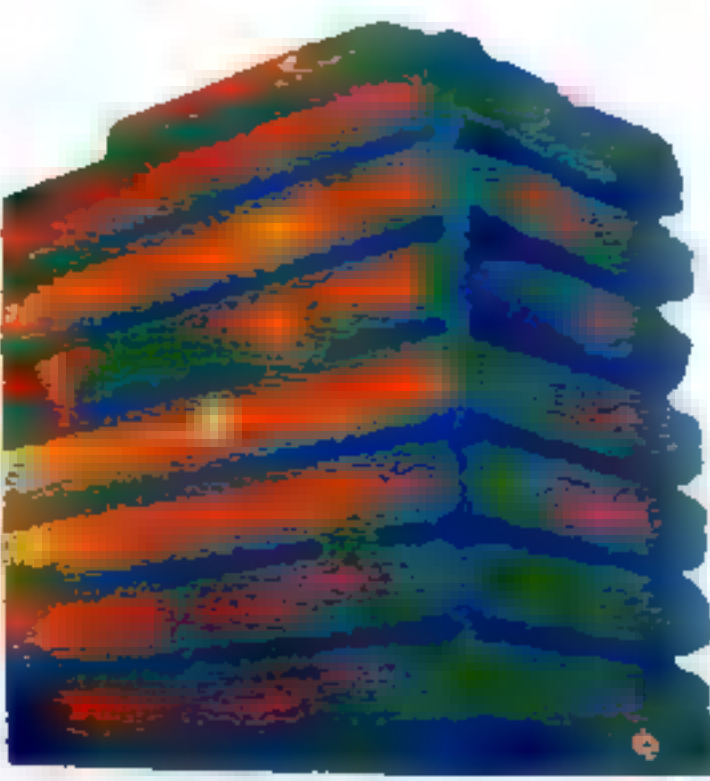
إذا بُدّدت الحرارة في المباني، فينبغي تعويضها بخزق كميات أكثر من الوقود، وهذا يكلف مالا ويسبب مزيداً من التلوث. ويمكن الكشف عن فقدان الطاقة الحرارية من مصنع أو مبنى بتصويره بالأشعة تحت الحمراء، حيث تظهر على الصورة المناطق الأكثر فقراً للحرارة باللون الأبيض. إن معالجة هذه المناطق باستخدام عزل إضافي يُحد من فقد الحرارة.



## إعادة تدوير المواد

تستهلك مواد أولية أقل إذا أعيد تدوير المواد في النفايات - وهكذا، تُصان المواد الأولية لاستخدامها في مراحل مستقبلية، كما يُخفّض التلوث وتوفر الطاقة. فباستخدام المواد المعادة التدوير في صنع غلب الألومنيوم مثلاً، يُوفّر ٩٥ بالمئة من الطاقة ويخفّض أيضاً ٩٥ بالمئة من التلوث.

صورة مضطربة التلويث تُبيّن فقدان الحرارة في مبنى متعدد الطوابق.



## مزيد من المعلومات انظر

- الكبريت ص ٤٥
- الحفازات ص ٥٦
- كيمياء الهواء ص ٧٤
- صناعة الكيماويات ص ٨٢
- الغلاف الجوي ص ٣٧٠
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٦



# القوى والطاقة

كُلُّ ما يحدث، من بَرِقِ البرق إلى شِدِّ شريط الجِداء، يتطلَّب طاقة؛ فيُدون الطاقة لا شيء يستطيع العيش أو الحركة. الحيوانات تستخدم الطاقة في السير والركض، والنباتات تستخدمها في النمو. الرِّيح بالطاقة تهبُّ، والأمواج بها تموج عبْر المحيط، والسيارة تسير بالطاقة المُخترَنة في وقودها. لكنَّ كُلَّ هذه الأشياء ما كانت تَتمُّ في غياب قُوى فاعِلة، فاستخدام الطاقة ينطوي دومًا على قُوى بشكل أو بآخر. فالقوى ضروريَّة لبدء حركة الأشياء، أو لِتغيير نَمط حركتها، أو لوقفها عن الحركة. وبالقوى أيضًا تُفكَّت الأشياء أو يُشدُّ بعضها إلى بعض. فيدون القوى والطاقة لا يُمكن أن يحدث أيُّ شيء في الكون.



## استخدام الرِّيح

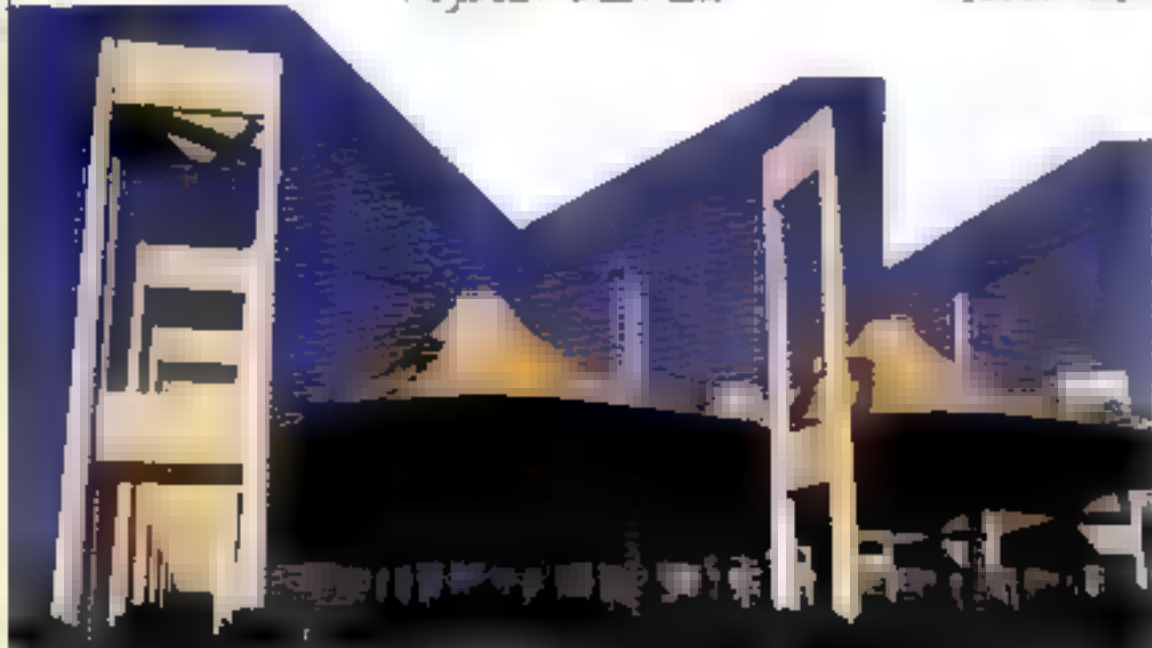
ينطوي رُكوب الأمواج الشراعيُّ على استخدام القوى والطاقة ببراعة. فيستخدم رَاكِبو الأمواج طاقتهم الجسديَّة لِلتحكُّم باللوح والقفز فوق الأمواج، بينما تولِّد طاقة الرِّيح القوَّة التي تدفعهم قُدَمًا. وإذا تجاوزت هذه القوَّة حدَّها في أيِّ اتجاه يخلُ توازن اللوح فيقلُّ برأيه. لذلك يبدُل رَاكِب الأمواج قوَّة ضدَّ اتجاه هبوب الرِّيح تنكُّه من نوازله وإبقاء الشراع مُنتصبًا.

تؤثِّر القوى في كُلِّ شيء حتى في الجسيمات الدقيقة المجهرية.



## طاقة من الشَّمس

توفِّر الشَّمسُ مُعظم الطاقة التي نحتاج إليها بالضوء الذي تشعُّه. ففي ساعة واحدة يصلُّ الأرض من الطاقة الشمسيَّة أكثر مما تستهلكه البشريَّة جمعاء في سنة كاملة. أمَّا النباتات، كدَوَّار الشَّمس أعلاء، فتحناج الطاقة الشمسيَّة لِتنمو، وهي تخزنُ بعضًا منها كطاقة كيميائيَّة. والحيوان الذي يأكلُ تلك النباتات يستخدم تلك الطاقة المُخترَنة.



## القوى في المباني

مُشَيِّدو الأبنية يأخذون في الحسبان ضرورة صمودها للقوى الكبيرة التي قد تتعرَّضُ لها كَيلاً تنهار. فهذا السقف، في إحدى محطات مطار جدَّة بالمملكة العربيَّة السُّعُوديَّة، مصنوعٌ من رُجاج ليفي أمتن من الفولاذ، تمظَّله القُوى المُشكَّلة بآتماط فريدة.

## في الفضاء

تعملُ القوى والطاقة على نطاقٍ واسعٍ في الفضاء. فالنجوم تسطعُ بما تشعُّه من طاقة حراريَّة وضوئيَّة. ويبقى جوُّ النجم حوائجَ بقوَّة الجاذبيَّة - وهي القوَّة ذاتها التي تجذبُ الأجسام إلى الأرض.



## أضواء الليل

الكهرباءُ شكلٌ من أشكال الطاقة يُولَّد في محطات قُدرة ضخمة، ويُنقَل بالكَبَلات عبر مسافات طويلة إلى المنازل والمكاتب والمصانع. ويكسبُ زُرَّ جفلاديَّ تنخولُ هذه الطاقة بسهولةً إلى طاقة حراريَّة أو ضوئيَّة أو إلى قُدرة ميكانيكيَّة.

## القوى دُون الذرِّيَّة

تؤثِّر القوى في الجسيمات الدقيقة كما في الأجسام الضخمة. فالقوى المؤثِّرة داخلُ نوى الذرات هي أشدُّ القوى، وهي القوى التي تتحرَّر طاقتها في انفجارٍ قبليَّة نوويَّة.



# القوى

## القوى في الطيران

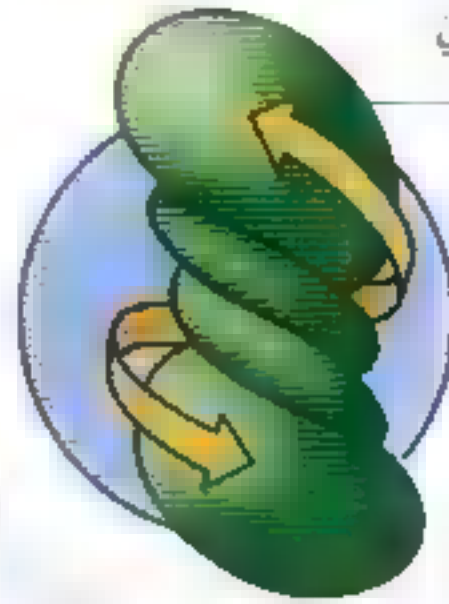
تؤثر على الطائرة أثناء الطيران قوى أربع، فالمحرك يولد قوة الدفع إلى الأمام، والجناح يولد قوة الرفع صاعدة، وقوة الجاذبية الأرضية تشد الطائرة إلى أسفل، بينما تعيق مقاومة الهواء سير الطائرة بقوة رد الفعل الناتجة عن اندفاعها فيه.



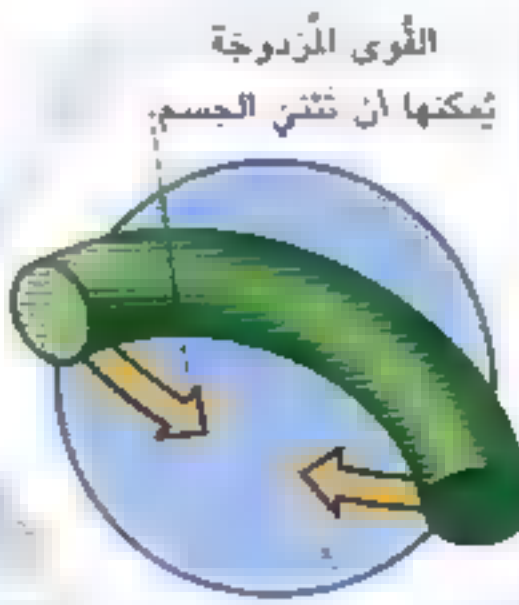
تُحيط بنا القوى من كل جانب؛ والقوة دفع أو شد يؤثر في الجسم. فالرياح تبذل قوة حين تهب، والجاذبية الأرضية قوة تجذب الأشياء نحو مركز الأرض فتكسيها أوزانها. والحيوانات والمكينات أيضا تؤثر بقوى مختلفة. فعندما تثب جندبة من سطح ورقة نبات، تضغط ساقها بقوة صغيرة عليها. والمكينات تستخدم لتوليد قوى ضخمة، فالمحرك النفث يولد قوة أكبر بملايين المرات من القوة التي تحدثها وثبة الجندبة.



القوى  
يمكنها أن  
توقف الأجسام المتحركة  
أو تبطل سرعتها.



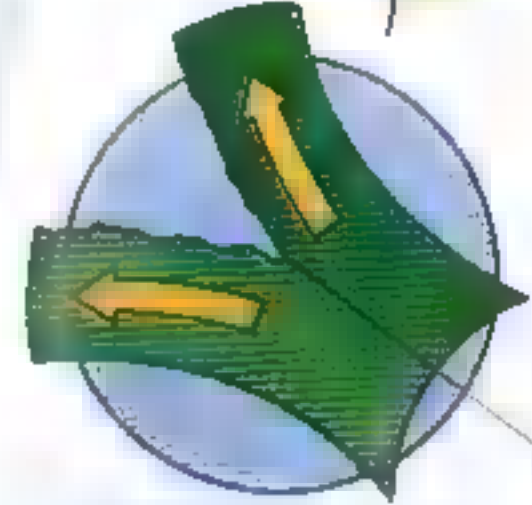
قوى الازدواج  
يمكنها أن تلوي  
أو تقفل المواد.



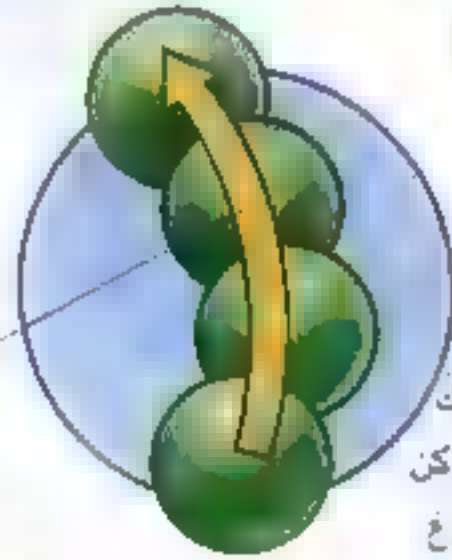
القوى المزدوجة  
يمكنها أن تثني الجسم



القوى يمكنها أن  
تسط الأجسام.



القوى  
يمكنها أن  
تمزق  
الأشياء.

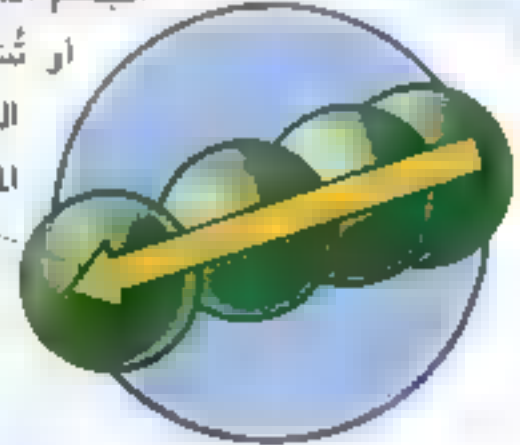


القوى يمكنها  
أن تغير اتجاه  
الجسم المتحرك.

القوى يمكنها أن تحرك  
الجسم الساكن  
أو تسرع  
الجسم  
المتحرك.



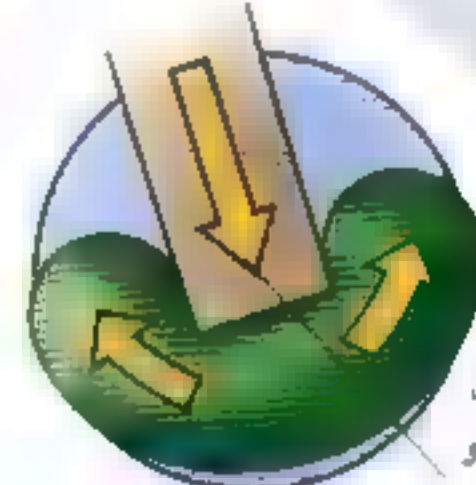
القوى يمكنها أن  
تجعل الجسم  
المتحرك يبرئ.



القوى يمكنها أن  
تجعل الجسم يفوق  
أو يطفو في سائل.



قوى الازدواج يمكنها أن  
تجعل الجسم يبرئ أو يدور.



القوى يمكنها أن  
تهز الجسم أو  
تشوهه.

## تأثيرات القوى

أربعة أشياء رئيسية قد تحدث إذا ما دفعت قوة جسمًا أو شدته. فالجسم الساكن قد يبدأ بالحركة، والجسم المتحرك قد تتغير سرعته أو يتغير اتجاهه، أو قد يتغير شكل الجسم أو حجمه بذلك. وكلما ازدادت القوة يزداد تأثيرها.

## قوى الطبيعة

بعض أحوال الطقس تولد قوى عظيمة. فالاعاصير الموائية قد تحدث دمارًا هائلًا والضخم منها قد يقذف عاليًا في الجو كل ما يعترض طريقه من سيارات وأبنية وأشجار ثم يسقطها لتعطم على بقع مئات الأميال من مواقعها الأصلية. والإعصار الدوامي الأكثر تدميرًا هو المسجل عام ١٩٢٥ في الولايات المتحدة الأمريكية حيث قُتل مئات الأشخاص ودمرت المباني وقُلبت السيارات واقتلعت الأشجار بعرض ٣٠٠ متر على مدى مساره الشاسع.

## مجالات القوة

مجال القوة هو المنطقة التي يشعر بتأثيرها فيها؛ وتزداد شدة المجال بالاقتراب من مصدر القوة، كمغناطيس مثلاً. فإذا نثرت برادة الحديد على صفيحة ورق موضوعة فوق قضيب مغناطيسي، تراها تتجمع بموازية خطوط القوة في المجال المغناطيسي. وتبين هذه الخطوط نسق انتشار مجال القوة حول المغناطيس.





## عبد السلام

في العام ١٩٧٩، أصبح العالم الباكستاني، عبد السلام، (المولود عام ١٩٢٦) أول شخص من بلاده يتأهل جائزة نوبل. كان عبد السلام يرغب في أن يتأهل وظيفة حكومية، لكن القدر أراد له غير ذلك إذ حصل عبد السلام على منحة لدراسة الفيزياء في جامعة كمبريدج، بإنجلترا. وهناك طوّر نظرية القوة الكهرومغناطية. وقد تبيّن صحة آرائه في المختبر الأوروبي للأبحاث (سيرن)، بالقرب من جنيف، سويسرا، عام ١٩٧٣.



لوحات الساتل الشمسية تولّد الكهرباء من ضوء الشمس.

الجاذبية قوة بعيدة المدى؛ فالجاذبية الأرضية يمتد أثرها بعيداً في الفضاء بحيث تبقى الشوائب في مداراتها.

الأرض مغناطيس ضخم، تجعل قوته إبرة البوصلة تتخذ اتجاهها نحو الشمال أينما كان على سطحها.

## قوى التلامس والتلاصق

تتجّ بعض القوى فقط عندما يمسّ جسم جسمًا آخر، وتُعرف هذه القوى بقوى التلامس أو التماس. وهناك قوى أخرى تعمل أو تؤثر دونما تماس. فالمغناطيس مثلاً، يستطيع جذب قطعة من الحديد دون أن يلمسها؛ وتُعرف هذه القوى بقوى التلاصق.

الكهربائية الساكنة في المسطرة تجعل قطع الورق النسيجي الصغيرة تقفز نحو المسطرة وتعلق بها.

## القوى الكهربائية

تُسخّن المسطرة اللدائنية بالكهربائية الساكنة إذا دُلكت بقميص من الصوف أو القابضة. وهذه الكهرباء تجعل المسطرة تجذب قطعاً ورقية صغيرة نحوها بدون أن تلمسها.

### لمزيد من المعلومات انظر

- القوى والحركة ص ١٢٠
- مصادر الطاقة ص ١٣٤
- الطاقة النووية ص ١٣٦
- الكهربائية الساكنة ص ١٤٦
- المغناطيسية ص ١٥٤
- بنية الأرض ص ٢١٢
- الاعاصير الدوامية ص ٢٥٩

التماس الجيد ضروري عندما يخبط اللاعب كرة البليارد بغضاه. فقوة دفع العصا تسلط قوة تلامس الكرة فتحرّكها. وإذا ارتطمت الكرة المتحرّكة بكرة أخرى ساكنة، فإن صدمة التماس تحرّك الكرة الثانية.

## الخبط بالقوة

القوة المرنة في القفز العالي بالزانة (أو العصا الطويلة)، يستعين اللاعب بمرونة عصاه. فهو يثبت طرف الزانة في الأرض ثم ينثي الطرف الآخر بقوة سفلًا وهو يقفز. وبعودة استقامة الزانة تسلط مرونتها قوة دفع على اللاعب تمكنه من القفز عاليًا. والتلامس حاصل هنا طبقاً بين اللاعب وعصاه!



تبدأ الكرة الثانية بالتحرّك فقط بعد أن تسلط الكرة الأولى قوة عليها بالصدم.

## القوة المرنة



بازدياد القوة المسلطة على الكرة، تزداد المسافة التي تقطعها الكرة.



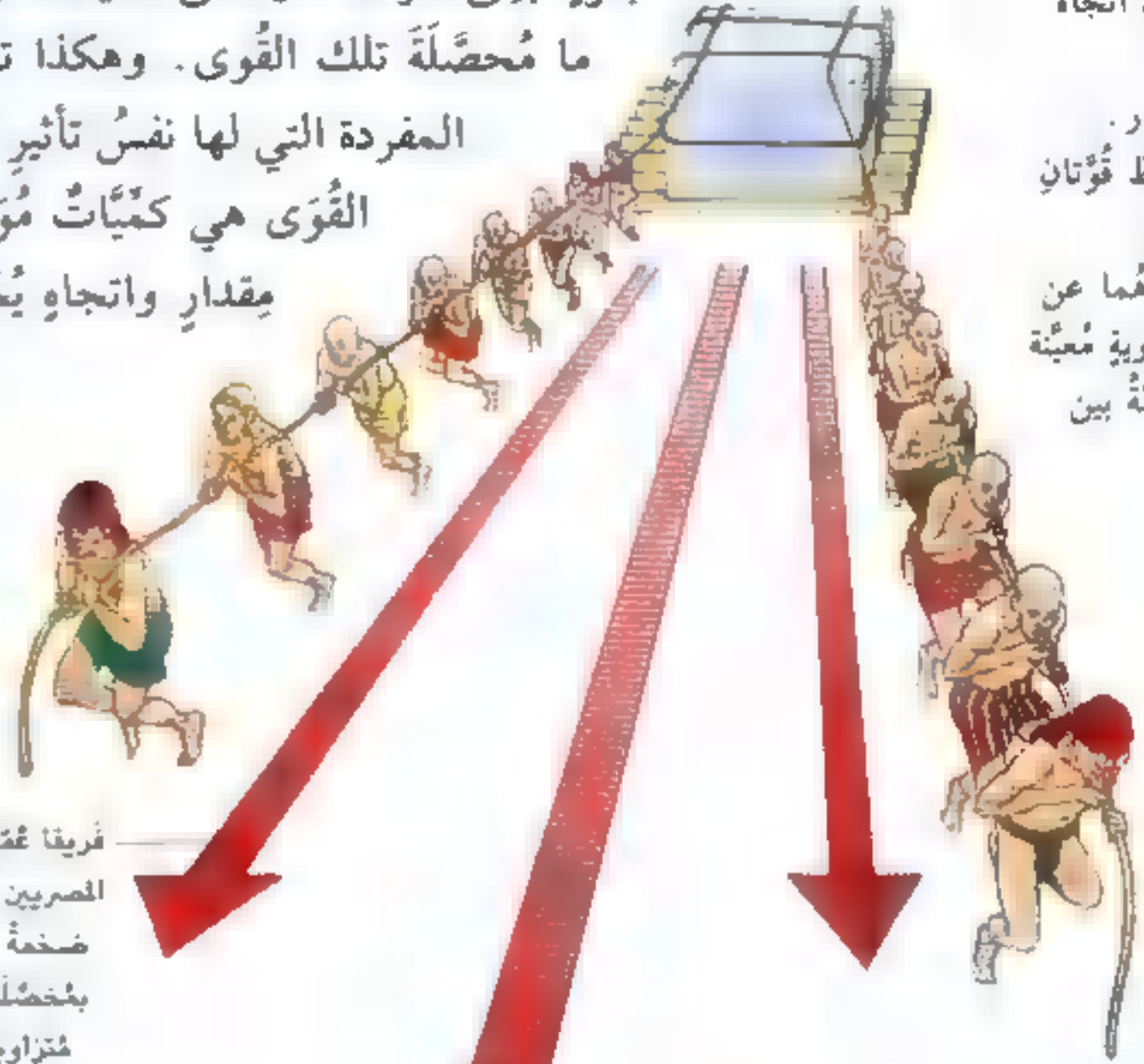


# جَمْعُ الْقَوَى وَمُحَصَّلَاتُهَا

الكثير من الأجسام يؤثر فيها أكثر من قوة واحدة. فوزن اليخت مثلا، قوة تشدّه إلى أسفل فيما يدفعه الماء إلى أعلى بقوة مُعَادِلَةٍ تمنعه من الغرق. وتهبُّ الرِّيحُ على الأشرعة فتدفعُ اليختَ بقوة عبْرَ الماء، لكنَّ الماءَ يَصَادُّ حركةَ المركب بقوة تبطئ سرعته. وتدعى النتيجة الإجمالية لتأثير قوتين أو أكثر في جسم ما مُحَصَّلَةً تلك القوى. وهكذا تعرف مُحَصَّلَةُ قوتين بأنها القوة المفردة التي لها نفس تأثير القوتين معاً. وجدير بالذكر أنَّ القوى هي كمّيات مُوجَّهة؛ والكمّية المُوجَّهة ذات مقدار واتجاه يُحدِّدانيها.

## المُحَصَّلَةُ

لإيجاد مُحَصَّلَةِ قَوَى مُتَعَدِّةٍ يتوجَّب أخذُ اتِّجَاهٍ ومقدارٍ كُلٍّ منها بالاعتبار. وعندما تُسلَّطُ قوتان على الجسم وتميل إحداهما عن الأخرى بزاوية مُعَيَّنة تقع المُحَصَّلَةُ بين القوتين.



فريقا عقاب من قداماء المصريين يجرون كتلة ضخمة من الصخر بمُحَصَّلَةِ قوتين مُتَزاوِيَتَيْنِ.



المُحَصَّلَةُ تُجَرُّ الكتلة إلى الامام.

## مُتَزاوِي الْقَوَى

إذا أثرت قوتان في جسم باتجاهين مختلفين، وبزاوية مُعَيَّنة بينهما، يُمكننا إيجاد مُحَصَّلَتَيْهِمَا برسم مُتَزاوِي أضلاع يُمثِّلُ الضلعان (ا) و (ب) فيه مقدار واتجاه القوتين. ثم تكمل المُتَزاوِي برسم الضلعين (ج) و (د) مُتَزاوِيَيْنِ لـ (ا) و (ب) على التوالي. حينئذ يُمثِّلُ القطر (هـ) مقدار واتجاه المُحَصَّلَةِ.

عندما يجذب قضيبا المغنطيس الكريات الفولاذية بقوتين متساويتين ومُتضادَتَيْنِ، تبقى الكريات ساكنة في مواقعها ولا تتحرك نحو أي من المغنطيسَتَيْنِ.

## القوى المُتساوية المُتضادة

إذا سلَّطت قوتان على جسم في اتجاهين مُتضادَتَيْنِ فَمُحَصَّلَتُهُمَا هي الفَرْقُ بينهما وتؤثر في اتجاه القوة الأكبر. وإذا كانت القوتان مُتساوِيَتَيْنِ، فإنَّهما تتعادلان - أي تُعَادِلُ إحداهما الأخرى، وتكون المُحَصَّلَةُ صِفْراً، فلا يتحرك الجسم.

## القوى المُتساوية

عندما تُشدُّ القَوَى في اتِّجَاهٍ واحد فَمُحَصَّلَتُهَا هي مجموعها. فإذا عُمِلَت قاطرتان معاً على جَرِّ قطار في الاتجاه نفسه، فإنَّ قوتَيْهِمَا تتضامان، وتكون المُحَصَّلَةُ ضِعْفُ قوة القاطرة الواحدة.

## قوى الإبحار الشراعي

يُسيِّرُ البَحَّارَةُ مراكبهم الشراعية في الاتجاه الذي يريدونه بقض النظر عن اتجاه هبوب الرِّيح. ذلك لأنَّ هناك قوتين تتضامان لإنتاج مُحَصَّلَةٍ تدفع المركب في الاتجاه المُعَيَّن: القوة على الأشرعة، وهي تعتمد على اتجاه الرِّيح وعلى موقع الأشرعة، والقوة التي يُنتِجها صالِبُ القاعدة وهي تمنع انجراف المركب جانبيًا.

## رَفْعُ الأثقال

إذا أثرت قوتان مُخْتَلِفَتَا المقدار في جسم في اتجاهين مُتضادَتَيْنِ، فاتجاه المُحَصَّلَةِ هو اتجاه القوة الأكبر. لذلك يتجهذ رافع الأثقال في يَدَلُّ قوة رفع قصوى على الثقل المراد رفعه، في حين يشدُّ الثقل بوزنه إلى أسفل. إنَّ على رافع الأثقال أن يبذل قوة رفع أكبر من وزن الثقل كي يستطيع رفعه. أما إذا كان وزن الثقل هو الأكبر فإنَّ الثقل سيسقط مُرتدًّا إلى الأرض.



### لمزيد من المعلومات انظر

القوى ص ١١٤  
القوى في الموائع ص ١٢٨  
الظنن والغطس ص ١٢٩  
المغنطيسية ص ١٥٤  
حقائق ومعلومات ص ٤٠٨

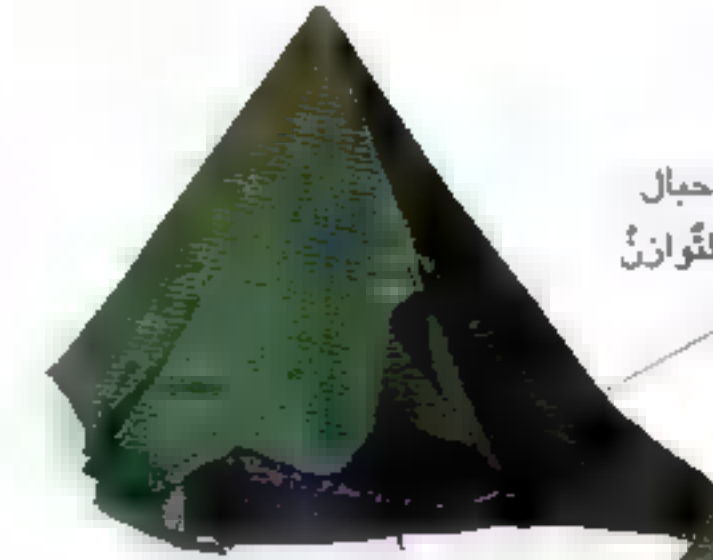


# القوى المتوازنة



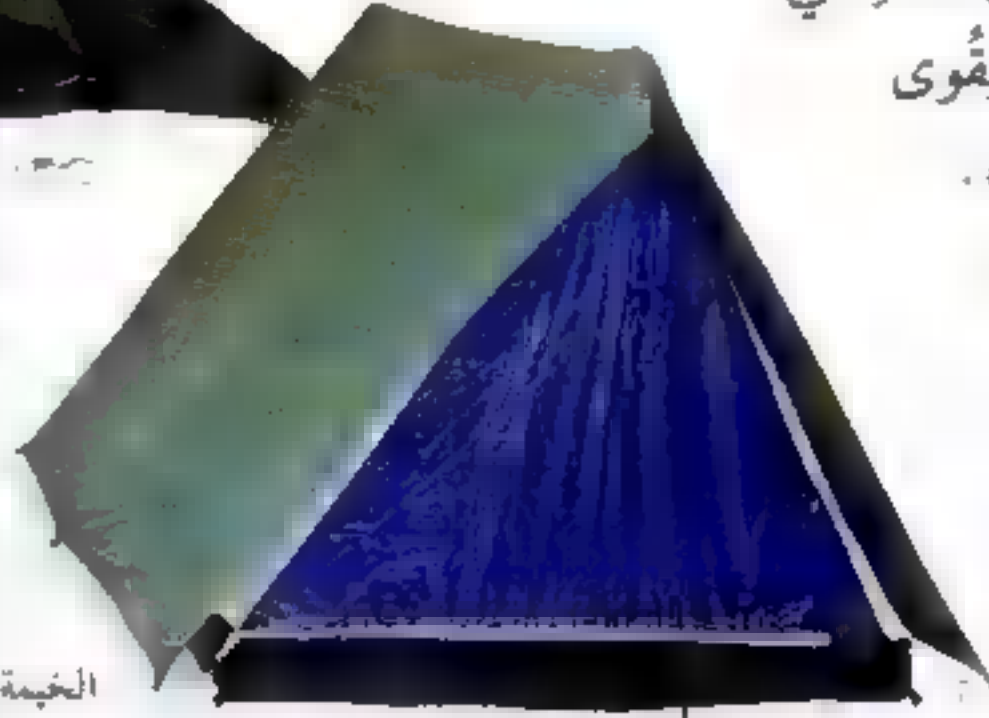
إذا سُلطت قوة على جسم ولم يحدث شيء، فهذا يعني أن القوة المسَلطة توازنها قوة أخرى. ففي لعبة شد الحبل مثلاً، قد يشدُّ كُلُّ من الفريقين بجهد وقوة بالغين والحبلُ باقي في موضعه. ذلك لأن قُوى الفريقين مُتعادلة؛ فهما يشدان في اتجاهين مُتضادين بقُوى مُساوية، بحيث يكون الناتج الإجمالي لقُوى الفريقين مُحصلة صفرية. فنقول إن الحبل أو الجسم في حالة توازن. وحين تجلس أنت على كرسي، فإنك تضغط عليه إلى أسفل بقوة تُعادل وزنك. وإذا لم يتقوّض الكرسي، فذلك لأنه يدفع إلى أعلى بقوة مساوية لوزنك.

إذا انقطع أحد حبال الخيمة، يختل التوازن وتنهز الخيمة.



## شد الحبال في الخيمة

عندما تُنصب الخيمة بشكل صحيح تُرسبها جبالها المشدودة من مختلف جوانبها، فلا تقوّض. فالحبال من كُلِّ جانب في الخيمة تشدُّ في اتجاه مُضاد لِشدِّ جبال الجانب الآخر، فتوازن شدادات الخيمة من كافة الجوانب وتُرسبها.



إذا كانت ثلاث قُوى في حالة توازن، فإن رُشْمها بقياس يسبي يُولفُ مثلثاً - تُعملُ فيه الأضلاع مقدار واتجاه القُوى، وتكون جميع هذه الاتجاهات مُوحدة في اتجاه عقارب الساعة أو عكسه.



## المثلث هو الأمتن

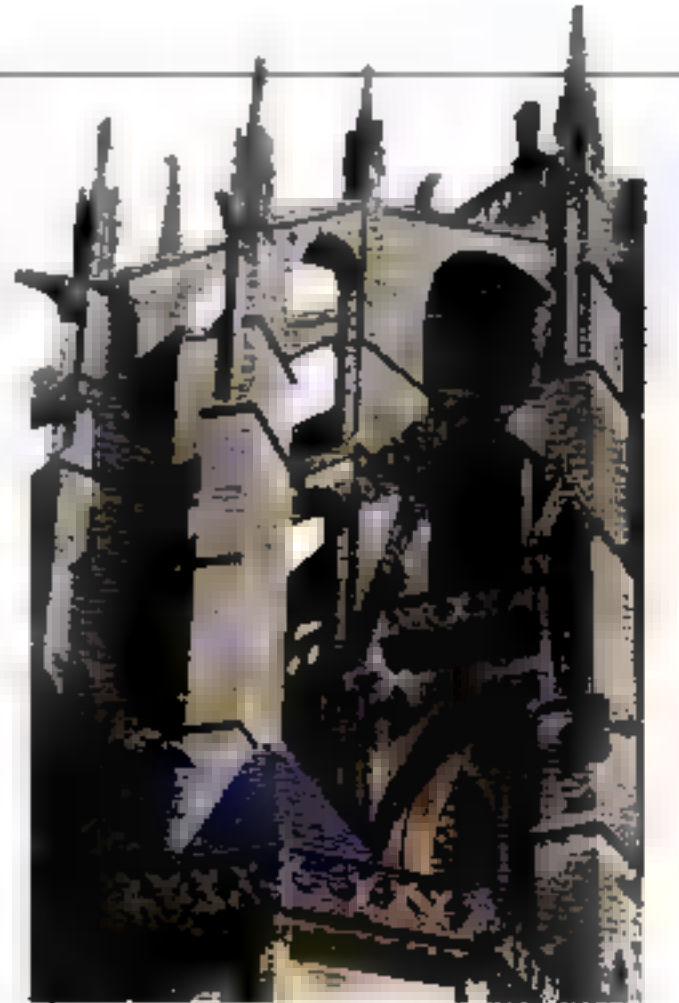
الشكل المثلثي هو الأمتن كوحدة بناء، فهو فريد في مقاومته للانحناء أو اللين والانهار تحت الضغط. لذا يُصمَّم الكثير من المباني والجسور على أساس أشكال مثلثية. إن القطاعات المثلثية في القبة الرادارية أعلاه، تسمح ببنائها من الزجاج الليفي، الذي هو، بخلاف الخرسانة، شفافٌ للأمواج اللاسلكية.

### لمزيد من المعلومات انظر

- تصميم المواد ص ١١١
- القوى ص ١١٤
- القوى والحركة ص ١٢٠
- الجاذبية ص ١٢٢
- قوى الدوران والتدوير ص ١٢٤
- الراديو ص ١٦٤

## القوى في الأبنية

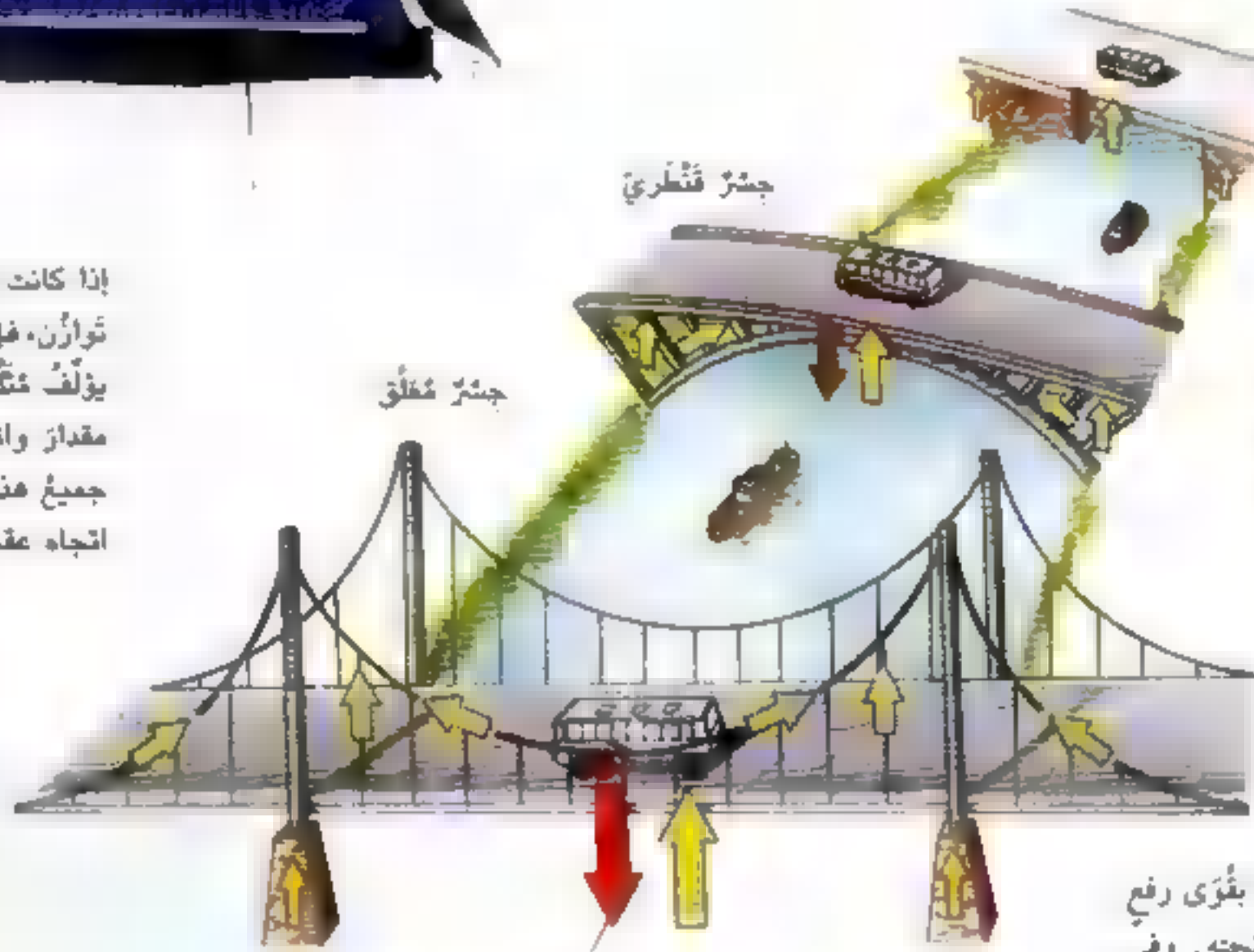
يُصمَّم مهندسو العمارة الأبنية بحيث تكون القوى المؤثرة على جدرانها وأساساتها مُتوازنة، وإلا تعرضت للانهار. ويُلاحظ أن الجدران الخارجية لكثير من كاتدرائيات القصور الوسطى مستندة بدعائم زاهرة تنصبُّ عالياً من الأرض لموازنة تلك الجدران في حمل وزن السقف الهائل. وفي الصورة المرفقة بعض أكثر هذه الدعائم تعقيداً في كاتدرائية لمان، بفرنسا!



## جسر عثبي

### جسر قنطري

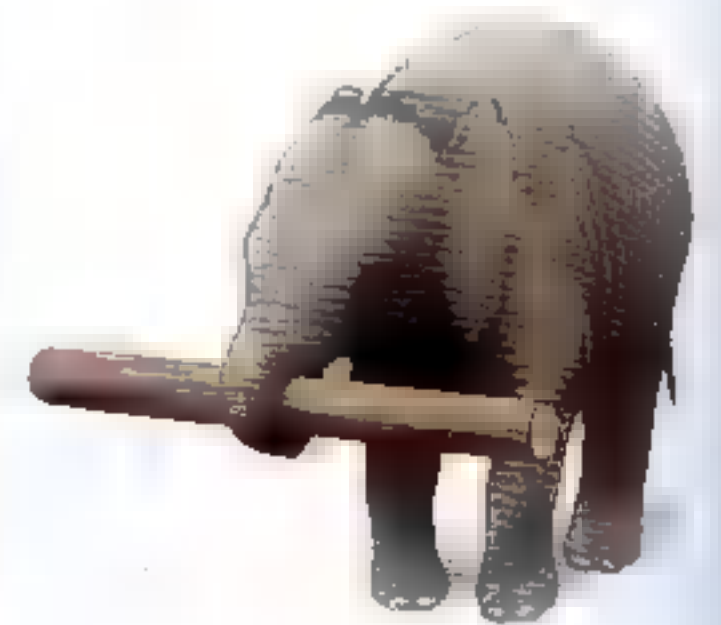
### جسر معلق



الوزن الشار إلى أسفل يُواجهه قُوى دُفع إلى أعلى.

## بناء الجسور

تُبنى الجسور بمواصفات مُحددة يُستطيع حمل أوزانها هي وأوزان حركة المرور الكثيف عَبرها دون أن تنهار. فلا بُدَّ أن توازن قُوى الشد المُتوقعة إلى أسفل بقُوى الدفع إلى أعلى. أبنط أنواع الجسور هو الجسر العثبي (الأقوي الغوارض) المدعّم ببرج من كل طرف. أما في الجسر المعلق فيُدعّم الوزن بقُوى دفع من الكبلات فوفه كما بين الأبراج تحته. وفي الجسر القنطري، تُثقل إنشاعات القنطرة المقوسة الوزن إلى الدعائم في طرفيه.



## حمل الحمل

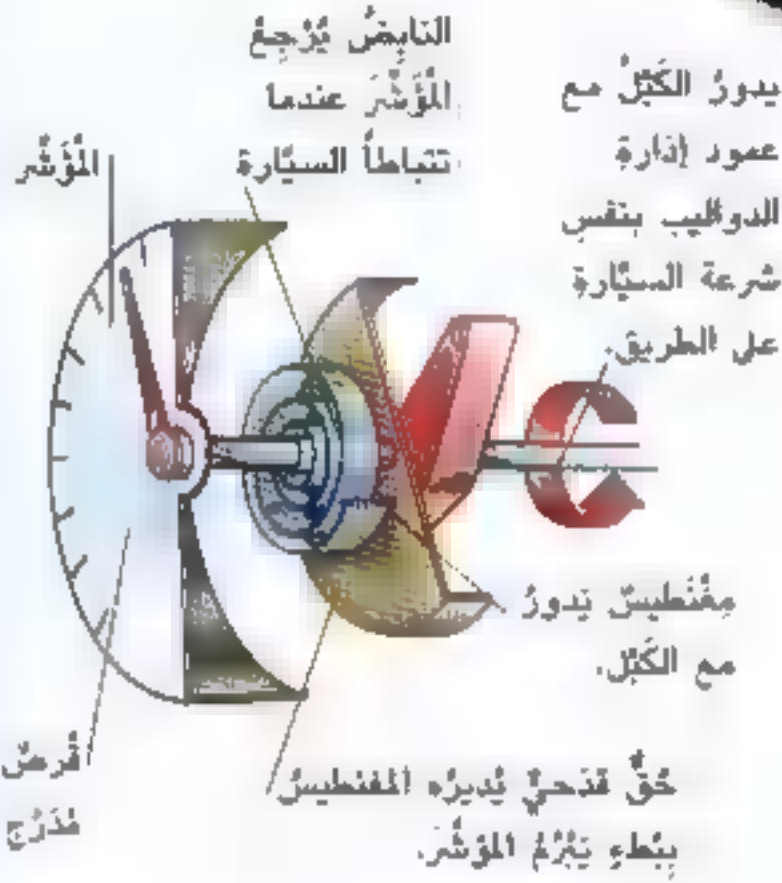
كفي بتمكّن الفيل من حمل جذع الشجرة يعني أن يرفعه شاقولياً بقوة شدِّ إلى أعلى تزيد قليلاً على وزن الجذع أي القوة التي تُشدُّه سفلاً. فالقوتان المُتضادتان تُعادلان إذا كانتا متساويتين ومُتساويتين.



# السرعة

## السرعة النسبية

السرعة النسبية لجسمين متحركين هي السرعة التي يبدو أن أحدهما يتحرك فيها عندما يُرصد من الجسم الآخر. فالسرعة النسبية لسيارتين متحركتين بالسرعة نفسها في الاتجاه نفسه تساوي صفراً.



## عداد السرعة

يُبين عداد السرعة في السيارة السرعة الآتية - أي السرعة التي تسير بها السيارة في تلك اللحظة. ويدار عداد السرعة بواسطة كَبَلٍ مُتَّصِلٍ بِمُحْوَدِ إِدارة الدواليب.

أشجع القطارات السريعة - ٥١٥ كم/سا

طائرة نفاث - ٢٩٥٣ كم/سا

سيارة السباق فورد ٢ - حاملة الرقم القياسي للسرعة الأرضية - ١٠١٩ كم/سا

## سرعات مختلفة

يسري الضوء بسرعة ٣٠٠ ألف كم في الثانية، ويسير الكسلان، وهو من حيوانات أمريكا

الاستوائية، بسرعة لا تتجاوز ١٢٠ مترًا في الساعة حتى إنه لمن الصعب أن نراه وهو يتحرك فعليًا. وللمقارنة إليك السرعات المختلفة لبعض الأشياء:

زورق سباق ألي - ١٦٦ كم/سا

سيارة رياضة - ٣٢٥ كم/سا

فهد - ٩٦ كم/سا

إنسان - ٣٦ كم/سا

أرنب - ٤٠ كم/سا

خفزون - ٠,٠٥ كم/سا

## توقيت الإنهاء

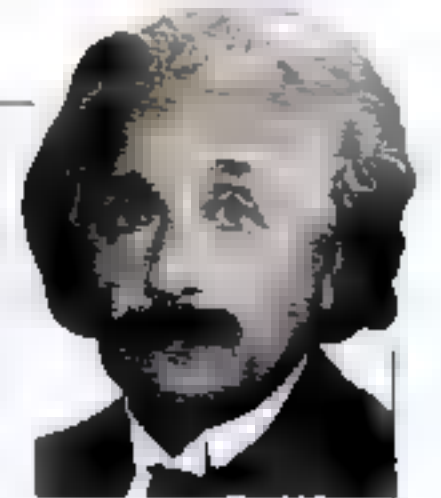
في نهاية السباق، يفر الرياضيون أمام مُصَوِّرة فوتوغرافية تلتقط صُوَرَهُمْ، طوال فترة الوصول، مُوقَّعة بساعة حاسوبية مضبوطة لتُجْزِءَ من ألف من الثانية. وبعد التظهير، تُبَيِّنُ الصُّورَةُ الفاتر في السباق والوقت الذي سجَّله.



## ألبرت أينشتاين

ألبرت أينشتاين (١٨٧٩-١٩٥٥) أحد أعظم العلماء على مرِّ القُصُور وَلِدَ في ألمانيا، وهو صاحبُ نظرية النسبية المشهورة. أصبح أستاذًا

لفيزياء في جامعة برلين، ونال جائزة نوبل للفيزياء عام ١٩٢١. ترك أينشتاين ألمانيا واستقرَّ في الولايات المتحدة الأمريكية. وتُعتبر نظريته في النسبية الخاصة والعامة أساس أفكارنا عن الكون.



## النظرية النسبية

عام ١٩٠٥، نشر أينشتاين نظريته النسبية، التي تنظر بأن مرور الزمن يبدو بطيئًا على جسم يسير بسرعة تقارب سرعة الضوء. وأن لا شيء في الكون يستطيع السير أسرع من الضوء. فالساعة في قطارٍ يُطلق بسرعة تقارب سرعة الضوء، تبدو بطيئة الحركة لشخص خارجة. وقد اكتشف أينشتاين أيضًا أن الماتة يمكن أن تُحوَّلَ إلى طاقة؛ وهذا بالفعل هو مصدر الطاقة في انفجار ذري أو في مُفاعِل نووي.



## لمزيد من المعلومات انظر

- جمع القوى ومُختصلاتها ص ١١٦
- التسارع ص ١١٩
- الطاقة النووية ص ١٣٦
- الضوء ص ١٩٠
- التصوير الفوتوغرافي ص ٢٠٦
- دورة حياة النجوم ص ٢٨٠
- الحركة ص ٣٥٦



# التسارع



تتخرج الكرة  
إلى الأمام عندما  
يتسارع الطبق  
إلى الوراء.

تتخرج الكرة  
إلى الوراء عندما  
يتسارع الطبق  
إلى الأمام.

## تطبيقات على التسارع

يساعد جهاز الطيران الأوتوماتي قادة الطائرات الحديثة في قيادة طائراتهم. ونظم هذا الجهاز مقياس تسارع يتحسس التغير الحاصل في سرعة الطائرة - عمودياً أو أفقياً. فإذا تسارعت الطائرة في اتجاه ما، يتحرك جزء من مقياس التسارع في الاتجاه المضاد - إلى حد ما ككرة في طبق - فيكشف حاسوب هذا التحرك ويعيد الطائرة إلى مسارها المحدد.

## السرعة النهائية

كل جسم ساقط، كالغطاس الجوي، يتسارع أثناء السقوط لأن جاذبية الأرض تسرع كافة الأجسام الساقطة بحرية بمعدل ثابت مقداره  $9.8 \text{ م/ث}^2$  في الثانية في الثانية. (أي تزداد سرعة الجسم الساقط  $9.8 \text{ م/ث}$  في الثانية كل ثانية). لكن الجسم لا يمكنه السقوط بحراً بحرية، لأن الاحتكاك بينه وبين الهواء (أي مقاومة الهواء) يؤثر ضد الجاذبية. وتزداد مقاومة الهواء كلما ازدادت سرعة الجسم الساقط. وعندما تعادل مقاومة الهواء قوة الجاذبية، يتوقف تسارع الجسم فيتابع سقوطه بسرعة مطردة، ندعى السرعة النهائية.

## مسابقات التسارع

يُحسب التسارع بقيمة تزايد السرعة على الوقت اللازم لبلوغ تلك السرعة. ويقاس بوحدات معينة كالكيلومتر في الساعة في الثانية مثلاً. ففي سباق التسارع مثلاً، قد تسارع السيارة من صفر إلى  $176 \text{ كم/سا}$  في  $4.88$  ثانية (أي  $97.5 \text{ كم/سا}$  في الثانية). وعلى

السائق استخدام مظلة تقاشر ليوقف السيارة قبل نهاية المضمار.



في أعلى نقطة  
الإرتداد تكون  
سرعة الكرة صفراً.



عندما تزايدت سرعة السيارة، يقال إنها تسارع. وإذا كنت مسافراً في سيارة وتسارعت فجأة فإنك ترتد في مقعدك إلى الوراء. تسارع السيارة عندما يضغط السائق دواسمة المعجل بقدمه؛ وبازدياد ضغطه، يزداد تسارعها. التسارع قياس لمقدار تزايد السرعة، فإذا تناقصت السرعة يكون التسارع سلبياً، ويُعرف عندئذ بالتقاصر. ويحدث التسارع والتقاصر عندما تسلب قوة غير موازنة على جسم متحرك في اتجاه مساره.

السرعة	م	م	م
السرعة	٢٣	١٤	٩
السرعة	٢٨	٢٣	١٥
السرعة	٢١	٧٥	٩٦
مدى مسافة التفكير	مدى مسافة الكبح	شغل مدى مسافة التوقف	

## مدى مسافات التوقف

من ضمانات السلامة في السيارات قدرتها دوماً على التسارع أو التقاصر بسرعة. والمكابح الجيدة ضرورية بنوع خاص، لأنه بزيادة سرعة السيارة، وزيادة حمولتها، تزداد صعوبة إيقافها. ونسب أعلاه مسافات التوقف الدنيا لسيارة متوسطة في حالة توقف طارئ - علماً أن مسافة التفكير هي المسافة التي تقطعها السيارة قبل أن يحدد مُتَكَبِّرُ السائق فعلاً إلى إعمال المكبح، ومسافة الكبح هي المسافة التي تقطعها السيارة بعد إعمال المكبح. ونلاحظ أن مسافة التوقف الدنيا للسيارة المطلقة بسرعة  $118 \text{ كم/سا}$  أطول من ملعب كرة القدم!

ترتد الكرة المنتظمة إلى  
خلف أخفض مرة بعد  
الأخرى لأنها تخسر  
الطاقة تدريجياً.

تتسلق الكرة من اليسار  
إلى اليمين.

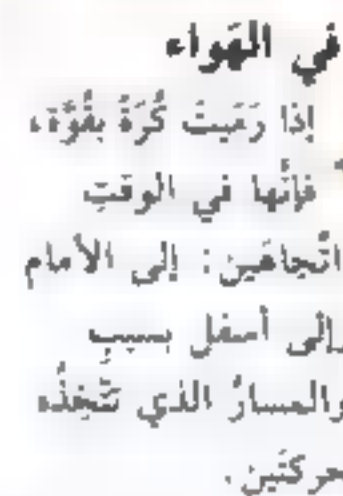
## الكرة المنتظمة

تسارع الكرة المنتظمة سقوطاً وتقاصر صعوداً. فإثناء سقوطها تقطع مسافة أكثر كل عشر من الثانية؛ وأثناء صعودها تقطع مسافة أقل كل عشر من الثانية. وفي الملأ الأقصى لكل ارتداد، تبلغ الكرة حالة الشكون للتحط من الزمن.

## لمزيد من المعلومات انظر

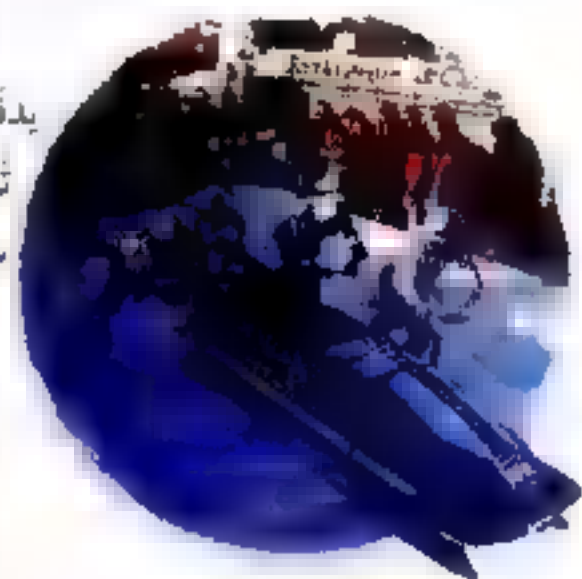
- السرعة ص ١١٨
- الاحتكاك ص ١٢١
- الجاذبية ص ١٢٢
- قياس القوى ص ١٢٣
- الشغل والطاقة ص ١٣٢
- القوانين ص ٢٩٩





أفضل، تقول بعدم حاجة الجسم المتحرك إلى قوة كي يستمر في حركته - إنما القوة ضرورية فقط لبدء تحريك الجسم أو وقفه أو تسريعه. وفي العام ١٦٨٧، اعتمد العالم البريطاني، إسحق نيوتن، على أفكار غاليليو وتجاربه في وضع قوانين الحركة الثلاثة المعروفة باسمه.

يدفع فريق التزلج زلاجه بشدة لبدء  
تحريكها، ثم يتابع الدفع لتزايد  
سرعتها. إن زعجة الزلاجة لمقاومة  
وضوحها السكوني أو الحركي  
تدعى القفالة أو القصور  
الذاتي. والأجسام جميعها ذات  
نصور ذاتي يزداد بزيادة كتلتها.



تَبْدُلُ عَصَلَاتِ سَاقِي  
الضفدع قُوَّةَ مَدْفَعِهِ  
فِي الْهَوَاءِ

القوة التي تدفع الضفدع  
مُعَدًا في الهواء تُرَافِقُهَا قُوَّةُ  
رَدٍّ قَلْبِيٍّ مَسَاوِيَةٍ وَمُضَادَّةٍ  
تدفع ورقة النيلوفر (زنبق  
الماء) تَرُودًا.



يُنْصَحُ قَانُونُ نِيُوتِنِ الثَّانِي عَلَى أَنَّهُ إِذَا سَلَطْتَ قُوَّةً عَلَى جِسْمٍ فَإِنَّ الْجِسْمَ قَدْ يَبْدَأُ بِالتَّحَرُّكِ أَوْ يَتَسَارَعُ أَوْ يَتَحَاَصَرُ (يَتَبَاعَلُ) أَوْ يَغْيُرُ اتِّجَاحَهُ، وَتَنَاسَبُ تَغْيِيرُ كَمِّيَّةِ الْحَرَكَةِ مَعَ الْقُوَّةِ وَتَتَّخِذُ اتِّجَاحَهَا.

الضغْدُ القافِزُ من ورقة النِيلوفر الطافية  
يُوضَعُ عملياً قوانين الحركة لنيوتن. القانون  
الأول ينص على أَنَّ الجسمَ يظلُّ في حالة  
سكونٍ أو حركة مُنتظمة في خطٍّ مُستقيم، ما  
لم تؤثر فيه قُوَّةٌ تُغيِّرُ وضعه.

لِكُلِّ جِسْمٍ مُتَحَرِّكٍ كَمِّيَّةٌ  
تَحْرُكٌ ثَابِتَةٌ يَظَلُّ مُحْتَصِفًا  
بِهَا مَا لَمْ تَوَثِّرْ فِيهِ قُوَّةٌ.  
فَالِكَيْ تَنَلِّقَ كُرَّةً مُتَّجِهَةً  
نَحْوَكِ، عَلَيْكَ أَنْ تَبْدُلَ  
قُوَّةَ نَصْدُ كَمِّيَّةٍ نَحْرُكَهَا  
وَتَوْقِفَهَا. لَكِنَّ الْكُرَّةَ  
عِنْدَ ارْتِطَابِهَا بِبَيْدِكَ، تَبْدُلُ  
بِدَوْرِهَا قُوَّةَ تَغْيِيرِ كَمِّيَّةٍ تَحْرُكُ  
يَدِكَ. وَكَمِّيَّةُ التَّحْرُكِ الَّتِي  
تَكْسِبُهَا يَدُكَ تُسَاوِي كَمِّيَّةَ  
تَخْسَرُهَا الْكُرَّةُ. وَتَزْدَادُ كَمِّيَّةُ  
بِازْدِيَادِ كَثَلَةِ الْجِسْمِ وَشَرَفِ



إسحق نيوتن (١٦٤٢-١٧٢٧)، أحد أعظم العلماء على مَن العُصور، وُلِدَ في لينكُلشَاير، بإنكلترا. وقد أُرْسِلَ إلى جامعة كيمبردج عام ١٦٦١؛ لكنَّهُ، حينَ ضَرَبَ الطاعونُ مَدِينَةَ كيمبردج، خلالَ العامينَ ١٦٦٥-١٦٦٦، عَادَ إلى مَسْقَطِ رَأْيِهِ حَيْثُ حَقَّقَ أَهَمَّ اكشافاتِهِ، فصاغَ قوانينَ الحركةِ المَعْرُوفَةَ بِاسْمِهِ، واخترَعَ حسابَ التَّكَامُلِ والتَّفاضُلِ لِكَي يُعَبِّرَ عَنْهَا. كما إِنَّهُ (في قانونِهِ الجاذبيَّةِ ثَبَتَ الكواكِبَ في مداراتِها حَوْلَ أَلْبَدَنِ معَ المَسابيرِ في دَوَرٍ وَسُتُنُسْتَرِ بَلَدَنٍ.

يُنْصَحُ قَانُونُ نِيوتن الثالث على  
أَنِ الْكُلُّ يَفْعَلُ زُدْ فَعَلِي مُسَاوٍ لَهُ فِي  
الْمِقْدَارِ وَمُضَادٌّ لَهُ فِي الْأَتِّجَاهِ. فَإِنِ  
حِينَ تَدْفَعُ أَوْ تَجِرُّ جِسْمًا مَا، فَالْجِسْمُ بِدَوْرِهِ يَدْفَعُكَ  
أَوْ يَجِرُّكَ بِالْمِقْدَارِ نَفْسِهِ.

الطريقة القُضْبِيَّة لِالْبَقَاظ الكُرَّة هِيَ اِنْ  
تَرْتَدُّ مَعَهَا رُجُوعًا بَحِيثٌ يَذُومُ  
الارْتِطَامَ نَتْرَةً اَطْوَلَ فَتَقُلُّ الْقُوَّة.



المزيد عن المعلومات انظر

الْقَوَى ص ١١٤  
 التَّارُوع ص ١١٩  
 المجاذيب ص ١٢٢  
 الْمُحَرَّكَات ص ١٤٣  
 المُشْتَرِي ص ٢٩٠  
 النِّظَامُ التَّحْقِيقِي ص ٢٨٣  
 التَّمَاثِيلُ ص ٣٢٨



# الاحتكاك

من الصعب أن تجرَّ جسمًا ثقيلًا فوق سطح خشن؛ لأنَّ قوَّة الاحتكاك بين السطحين تقاوم ذلك. السطحان أملسان تمامًا لا يحدث بينهما احتكاك، لكنَّ هذا لا يوجد في الواقع. فالاحتكاك يحصل بين أيَّ سطحين يتزلق واحدُهما على الآخر لأنَّ القطع الخشنة في سطحيهما، مهما كانت دقيقة، تعلق فيما بينها. وتزداد قوَّة الاحتكاك كلما ازدادت خشونة السطحين. الاحتكاك يجعل جرَّ الأثقال الكبيرة صعبًا. ويُسبِّب الاحتكاك المتواصل الحثَّ حتى في المعادن والفلزات. ولكنَّ للاحتكاك فوائده أيضًا، فبدونه يستمرُّ كلُّ شيء بالانزلاق إلى ما لا نهاية؛ ولن تستطيع أيدينا قبض الأشياء ولن نتمكن من المشي إذ سنزلق كالمتزلجين عند أول خطوة نقوم بها.

## مقاومة الهواء

عندما يتدفق جسمٌ عبر الهواء، ترتطم به جزيئات الهواء مُحدثةً احتكاكًا تُسميه مقاومة الهواء. وهذه المقاومة تتعاظم بازدياد سرعة الجسم. الأشياء تسخن بالاحتكاك، كما يحدث للشهب والنيازك التي تحترق أو تنفكَّ عبر جو الأرض بسبب الاحتكاك.

يتحني راكب الدراجة إلى  
الامام مُتخذًا شكلًا انسيابيًّا مشيقًا  
لتقليل مقاومة الهواء.

الخوذة انسيابية الشكل  
قدر الإمكان.

مقبضات المقود شططيان بمادَّة  
خشنة لزيادة الاحتكاك وتشديد  
قبضة يدي الراكب عليهما.

تضغط لبتنا (لفتنا)  
المكبج على جناح  
الدولاب فتتطوَّر  
حركته بالاحتكاك.

يُشبِّث إطارا الدولابين بالطريق بفضل  
الاحتكاك؛ كما يسمح نسقُ تحرزيز  
مَداسيهما للماء بالإفلات من تحتها،  
فلا ينزلقان بتواجد ماءٍ على الطريق  
يخفَّف الاحتكاك.

يسري الرُّبُث إلى داخل  
وتُقرَّ الشطوح  
المُخشنة.

## الاحتكاك في كلِّ مكان

تؤثر قوى الاحتكاك في عدَّة  
أماكن في الدراجة. فالاحتكاك  
في بعض الأجزاء كلبنتات  
المكبج وجناحي  
الدولابين مهمٌّ  
وضروري. بينما في  
أجزاء أخرى  
كالمسئلات، فبهمنا  
أن يكون الاحتكاك  
في حدوده الدنيا.

شطوح الدواسلين  
المُخشنة والشديدة  
الاحتكاك تمنع فدمي  
الدراج من الانزلاق.  
مُزبَّت  
المسئلات والمُسئلة  
لتقليل الاحتكاك.

## كريستوفر ككريل

المهندس البريطاني، كريستوفر ككريل  
(المولود عام ١٩١٠) اخترع الخوامة عام  
١٩٥٥. وكان عماد فكرته استخدام نوافير تفتت  
الهواء إلى أسفل بقوَّة عظيمة ترفع المركب فوق  
سطح الماء أو اليابس السهل فينسب دون احتكاك  
بهما. وحين أنبأ ككريل الحكومة البريطانية باختراعه  
اهتمَّ المسؤولون بالأمر واعتبروه بالغ المُرَّة. لكنَّه لاحقًا، أعطي الإذن بتصنيع  
المركب الجديد؛ فكان أن أنزلت إلى البحر أوَّل خوامة كبيرة عام ١٩٦٩.



## الشكل الانسيابي في الطبيعة

تُعاني الأجسام الشاربية في الماء الاحتكاك  
أيضًا، وهو ما يُعرف بمقاومة الماء.  
فالطائر الغاطس لالتقاط سمكة، يزُمُّ  
جناحيه إلى الوراء مُتخذًا شكلًا انسيابيًّا.  
والمعروف أنَّ غالبية الأسماك ذات أشكالٍ  
مشيقة انسيابية تُسرُّ حركتها في الماء.

يُشفط الهواء ويُفث بقوَّة تحت الخوامة؛ ويُفث  
شرويه بإزار عروني حول بُني المركبة، فتُحتملُ  
الخوامة فوق بخدَّة هوائية تقللُ  
الاحتكاك بينما تدفِّقها مراوح الدُسر  
إلى الامام.



## تقليل الاحتكاك

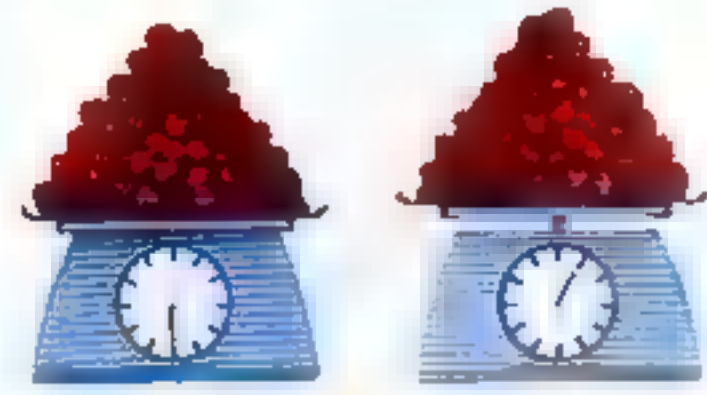
يُسبِّب الاحتكاك تأكل أجزاء المكينات  
بالحث، لكنَّه يُخفِّض كثيرًا باستخدام  
مُحامل كُرَيَّات مُزَلَّقة أو مُغطاة بالزيت.  
وتُسمَّى مُحامل الكُرَيَّات بأنَّها تنُدَّخِرُ  
بعضها على بعض بدل الشخب أو الجر.

## لمزيد من المعلومات انظر

- التسارع ص ١١٩
- قياس القوى ص ١٢٣
- المكينات ص ١٣٠
- المُحركات ص ١٤٣
- المُذَبِّبات والنيازك ص ٢٩٥



# الجاذبية



على الأرض

على القمر

## الكتلة والوزن

الكتلة والوزن شيان مختلفان. فكتلة الجسم هي كمية المادة الداخلة في تركيبه وهي ثابتة، بينما وزنه هو قوة الجاذبية، على كتلته، وهي متغيرة. فمثلاً وزن كومة من الفريز على سطح القمر هو سدس وزنها على سطح الأرض، لأن جاذبية القمر سدس جاذبية الأرض.

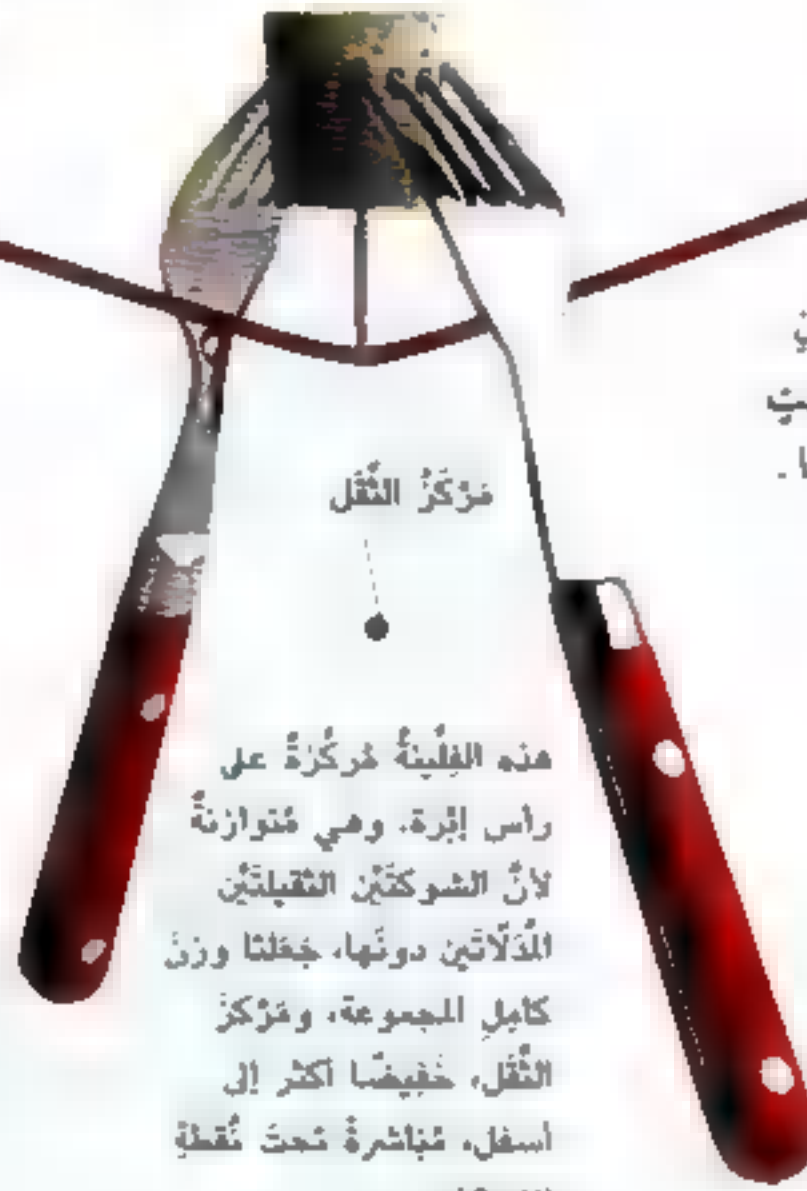
إذا وقع منك شيء فإنه يسقط نحو الأرض، والقوة التي تسبب ذلك هي جاذبية الأرض. والجاذبية ليست مقصورة على الأرض، فجميع الأجسام تجذب بعضها جذباً متبادلاً. القمر له جاذبيته والشمس كذلك - وجاذبية الشمس هي التي تبقى الكواكب في المدارات حولها. قانون الجاذبية لينوتن ينص على أن قوة التجاذب بين جسمين تتناسب طردياً مع حاصل ضرب كتلتيهما وعكسياً مع مربع المسافة بين مركزيهما.

## مركز الثقل

مركز ثقل الجسم هو النقطة التي يبدو أن تأثير الجاذبية، أو كامل وزن الجسم، مركّز فيها. ويمكن موازنة الجسم بتركيزه مباشرة في خط مسامت لمركز ثقله. وتكون الموازنة الأسهل إذا كان مركز ثقل الجسم خفيفاً.



القمر على سطح القمر



هذه البقعة مركزة على رأس إبرة. وهي متوازنة لأن الشوكتين الثقيلتين المتدالتين دونها، جعلتا وزن كامل المجموعة، ومركز الثقل، خفيفاً أكثر إلى أسفل، مباشرة تحت نقطة الارتكاز.

١. غلق الجسم وخيط الشاقول  
مقا من النقطة نفسها، ارسم خطاً في موقع خيط الشاقول.



خيط الشاقول

## تعيين مركز الثقل

تعيين مركز الثقل لجسم منقطع، كهذه الطائرة الورقية، أمر سهل. غلق الجسم وخيط الشاقول معاً واتركهما يترجحان بحرية. عندما يستقران، يكون مركز الثقل تحت نقطة التعليق مباشرة في نقطة ما على خيط الشاقول. كرر العملية بتعليق الجسم وخيط الشاقول من نقطة أخرى، فيكون مركز الثقل حيث يتقاطع الخيطان.

٢. غلق الجسم وخيط الشاقول من نقطة أخرى على الجسم؛ وارسم خطاً في موقع خيط الشاقول. فيكون مركز الثقل في نقطة تقاطع الخطين.



مركز الثقل

المقذوف المرن  
(الفرجون) يدوم  
حول مركز ثقله.



## المقذوف المرن (الفرجون)

يقع مركز الثقل في بعض الأجسام، كالمقذوف الفرجوني خارج الجسم. وبسبب شكله، لا يمكن موازنة الفرجوني بتركيزه على أي نقطة مفردة في جانبه المسطح. لكن، على حرفه، يمكن موازنه إذا رُكز في نقطة متفرجة.

## المد والجزر (المد)

المد والجزر تسببهما الجاذبية.

فتجذب مياه المحيط في جانب

الأرض الأقرب إلى القمر بجاذبية القمر

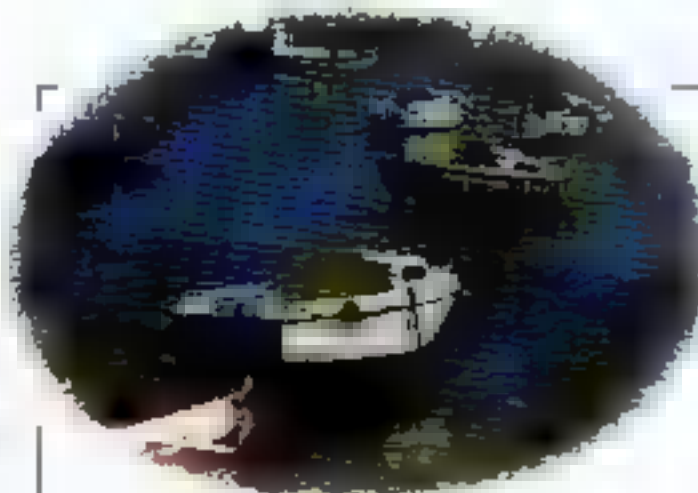
مكونة المد. أما المد الحاصل، في

الوقت نفسه، على جانب الأرض الأبعد

فسيبه أن الأرض تنجذب نحو القمر أكثر من مياه المحيط في ذلك الجانب.

ويلاحظ أن تأثير الشمس في المد والجزر طفيف. وعندما يتسامت القمر مع

الشمس في الجانب نفسه من الأرض تتجدد جاذبيتهما معاً فيحدث مد تام.



القمر على الأرض

## لمزيد من المعلومات انظر

- قياس القوى ص ١٢٣
- قوى الدوران والتدوير ص ١٢٤
- الحركة الدائرية ص ١٢٥
- الأمواج والمد والجزر والتيارات ص ٢٣٥
- النظام الشمسي ص ٢٨٣
- الصواريخ ص ٢٩٩



# قياس القوى



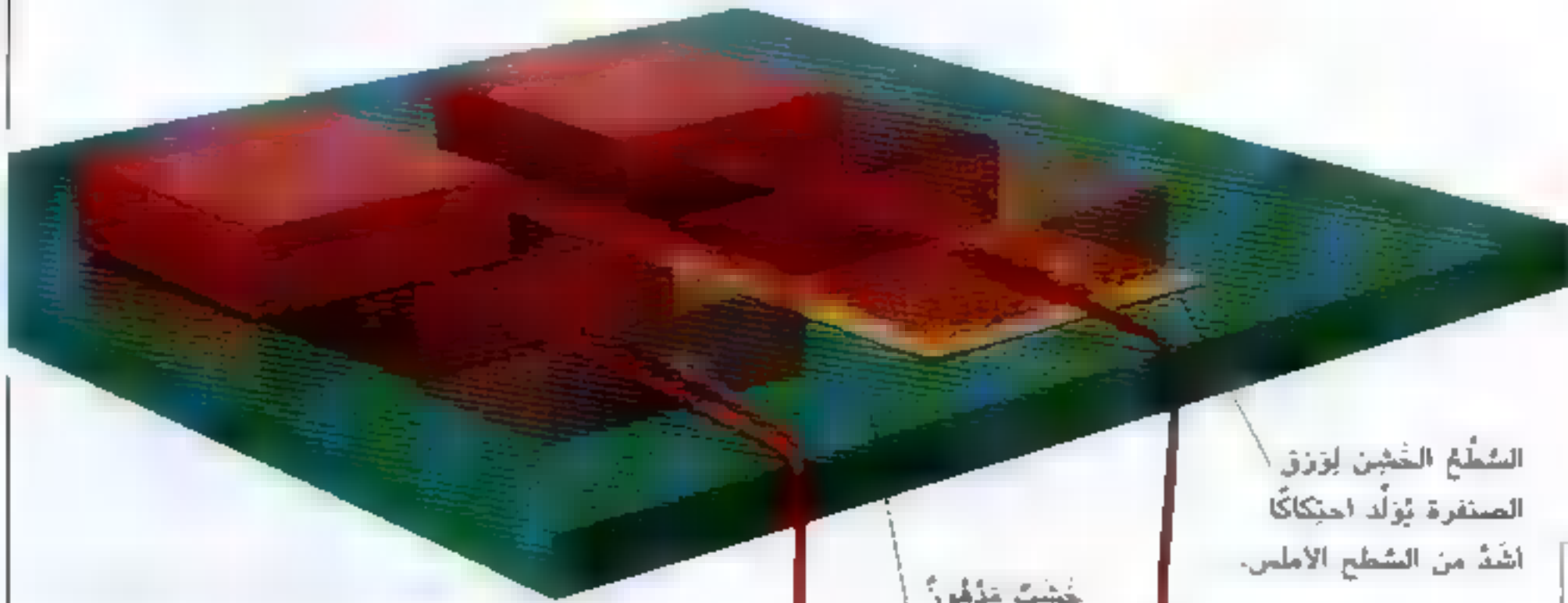
قاس كافندش  
بمقدار تحريك  
العائق لينحسب  
الجاذبية بين  
الكرتين.

## قياس الجاذبية

استخدم العالم الإنكليزي هنري كافندش (١٧٣١-١٨١٠) الجهاز المبين أعلاه لينحسب كتلة الأرض. فقد علّق كرتين من الرصاص من طرفي عائق يدور أفقيًا، ثم عرّضهما لجاذبية كرتين كبيرتين من الرصاص على مقربة منهما. وبتحريك الكرتين الصغيرتين انجذبتا دار العائق بمقدار معين مكّن كافندش من قياس الجاذبية بين الكرتين، ومن ثم كتلة الأرض.

## مقارنة القوى

يتطلّب رفع كرة القدم قوة تبلغ حوالي ٤ نيوتن، أما قوة ركلها فتبلغ حوالي ١٠ نيوتن. وللمقارنة، شدة وخفة، فإن قوة التحريك الثابت في طائرة تبلغ ١٠٠,٠٠٠ نيوتن، بينما تستخدم الحشرة الصغيرة في قفزها قوة تقارب ٠,٠٠١ نيوتن.



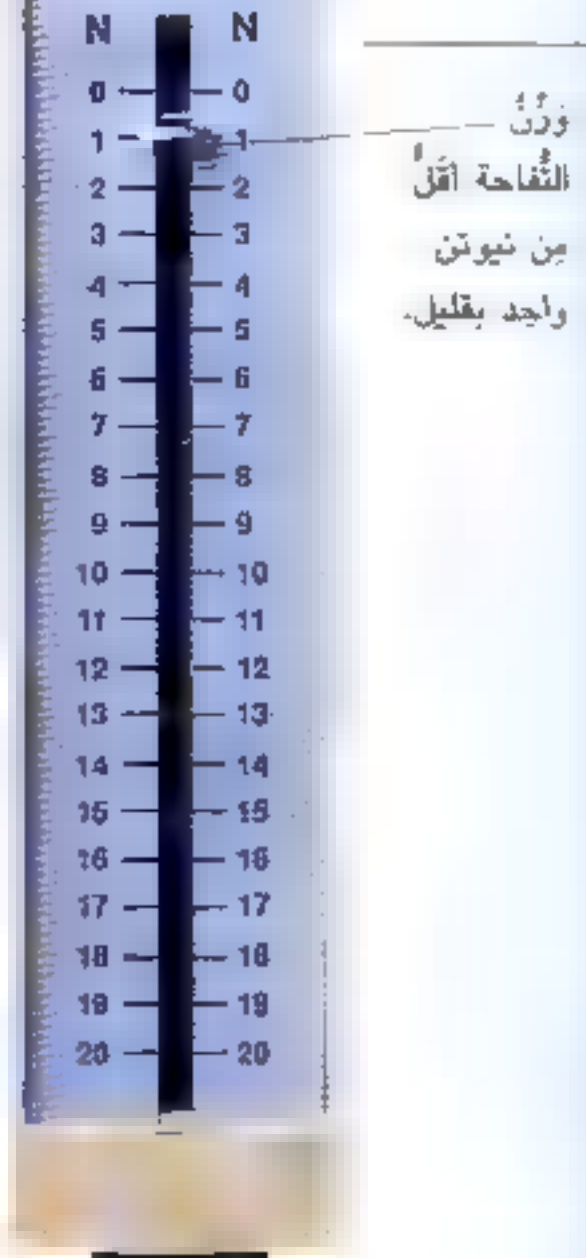
## قياس الاحتكاك

يمكنك اختيار وقياس المقاومة الناتجة عن الاحتكاك في بيتك. ثقل كتلة خشبية بكتل حديدية واربط المجموعة بخيط واجعله يتدلى فوق حافة طاولة. جد مقدار الوزن اللازم لتحريك المجموعة فوق سطوح مختلفة. يعتمد الاحتكاك على نوع السطوح المتحاذية وعلى وزن الكتلة المتحركة. أما مساحات السطوح المتحاذية فلا تزيد ولا تنقص مقدار الاحتكاك.



السطح الخشن يوزق  
الصنفرة يولد احتكاكًا  
أشد من السطح الأملس.

يتطلب جؤ الكتلة  
فوق وزن الصنفرة  
وزنًا أكبر



وزن  
الثقافة أقل  
من نيوتن  
واحد بقليل.

## ميزان نيوتني التدرج

يمكن إعطاء فكرة عن النيوتن كوحدة قياس بأنه القوة اللازمة لرفع ثقافة صغيرة. فالقوى التي لا تزيد على ١٠٠ نيوتن، يمكن قياسها باستخدام ميزان نيوتني التدرج. فامتطاط النابض بداخله يجرؤ المؤشر نزولًا مقابل مقياس مُدرج يبين مقدار القوة الماطة - وهو هنا وزن الثقافة.



## روبرت هوك

أشهر ما يُذكر به العالم الإنكليزي روبرت هوك (١٦٣٥-١٧٠٣) قانونه حول امتطاط الأجسام المرنة. لكنه كان أيضًا صانع آلات ماهرًا، فساعد في تحسين آلات علمية متعددة كالمجهر (الميكروسكوب) واليقراب (التلسكوب) ومقياس الضغط الجوي (البارومتر). وقد صمّم منظومة تلغرافية، وساعة تعمل بنابض متذبذب بدل البندول. وفي العام ١٦٦٥، نشر كتابًا يحوي رسومًا للحشرات التي عاينها تحت الميكروسكوب.



مجهر  
هوك

## لمزيد من المعلومات انظر

- خصائص المادة ص ٢٢
- الاحتكاك ص ١٢١
- الجاذبية ص ١٢٢
- الاهتزازات ص ١٢٦



# قوى الدوران والتدوير

عندما تُدير مقود الدراجة، فإنك تشد جانباً منه وتدفع الجانب الآخر. وهذا مثال على القوى المزدوجة أو قوى الأزواج في الدوران والتدوير. أما النقطة التي يدور حولها الجسم فتدعى المركز أو محور الارتكاز. ويمكن لقوة مفردة أن تدبر الجسم إذا سلطت على بُعد معين من مركز ثابت. فأنت عندما تفتح صفيق الباب تسلط قوة مفردة على قبضته تجعله يفتح دائرة حول المفصلة التي هي محور ارتكازه. ويعتمد تأثير قوة التدوير على مقدارها وعلى بُعد نقطة تأثيرها عن محور الارتكاز - فكلما ازداد هذا البعد ازداد تأثير قوة التدوير.



## القوة القصوى

في بعض البلدان، تُستخدم الماشية لتدوير الشواني (النواير). فيشد الواحد أو الزوج منها إلى طرف عمود متصل بالسانية - ويدوران المشاشي تدبر دولاب الناعورة، وتكون إدارة السانية أيسر إذا جعل عمود التدوير بالطول الممكن الأقصى.

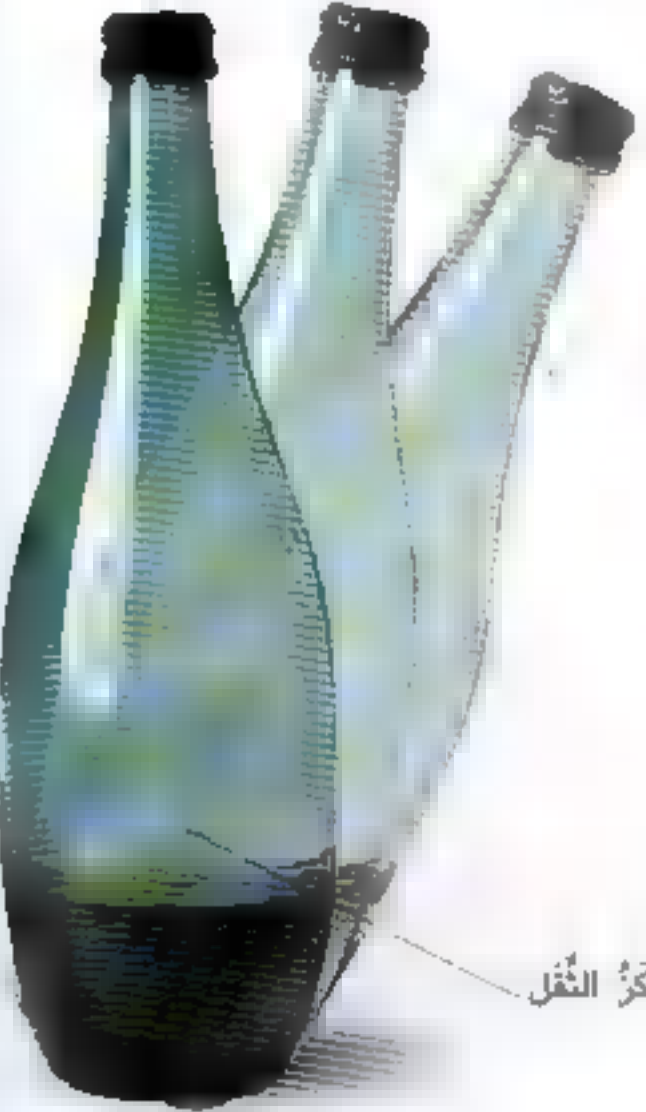
الوزن الضاغط إلى أسفل غير دولاب الدراجة الخلفي أكثر منه غير الدولاب الأمامي، فيلبي يتوازن اللوح، يجب أن يكون الدولاب الخلفي أقرب إلى الجذع من الدولاب الأمامي.



## موازنة القوى

عندما يكون الجسم متوازناً أو في حالة توازن، تكون قوة التدوير على أحد جانبي المركز متعادلة لقوة التدوير على الجانب الآخر. ويستخدم الدراج هذه القاعدة، في تدوير التوازن، محاولاً وقف ترعج اللوح على جذع الشجرة.

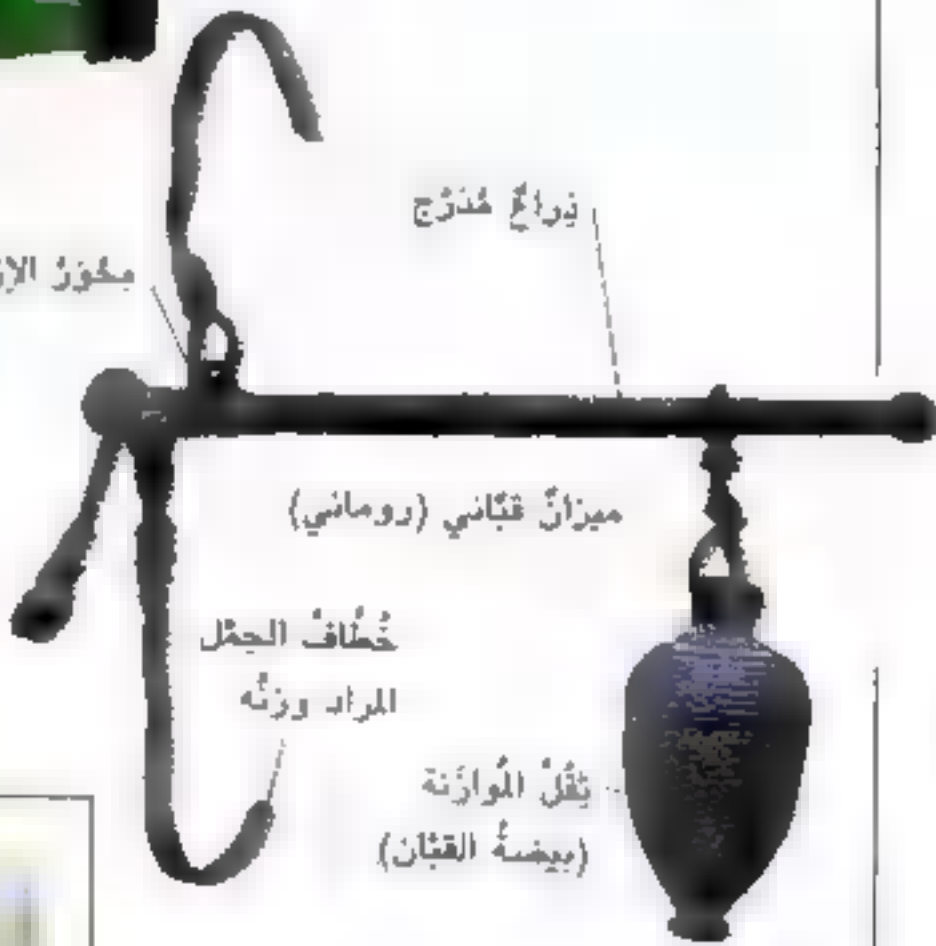
القنبنة الطويلة الملاي تقريباً بالماء، تكون غير مستقرة لأن مركز ثقلها عالٍ. وهكذا فلن يبقى هذا المركز فوق قاعدة القنبنة عند إمالتها - مما ينتج قوة تدوير تقلبها.



## استقرار التوازن

يكون الجسم في حالة توازن مستقر إذا بقي مركز ثقله فوق قاعدته عندما يدفع قليلاً؛ لأن الجاذبية تُعيد الجسم إلى وضعه الأصلي. أما إذا وقع الجسم أو انقلب بعد دفعه قليلاً، فهو كان في حالة توازن غير مستقر، لأن مركز ثقله ما عاد فوق قاعدته، فيوقعه شد الجاذبية. أما إذا بقي الجسم في وضعه الجديد بعد دفعه قليلاً فهو في توازن متعادل.

## محور الارتكاز



## الموازين

استخدم الرومان قوى التدوير لوزن الأشياء بموازين قنانيه، ما زالت تُستخدم حتى اليوم. ولعلك وُزنت مرة بميزان قناني مقلود في عبادة طبيبك. فعندما تقيف على القبان ويحرك ثقل الموازنة على طول الذراع المُنرج إلى حيث يتوازن الذراع، تشير قراءة التدرج إلى وزنك.

## اختيار المركبات

تجعل المركبات المرتفعة أكثر أماناً إذا وُسع المدى بين دولبيها وخفض موقع محركاتها. فبذلك يبقى مركز ثقل المركبة خفيضاً. هنا يجري اختبار مدى إمكانية ميلان الباص (الحافلة) قبل أن يتقلب.



## لمزيد من المعلومات انظر

- القوى والحركة ص ١٢٠
- الجاذبية ص ١٢٢
- قياس القوى ص ١٢٣
- المكينات ص ١٣٠

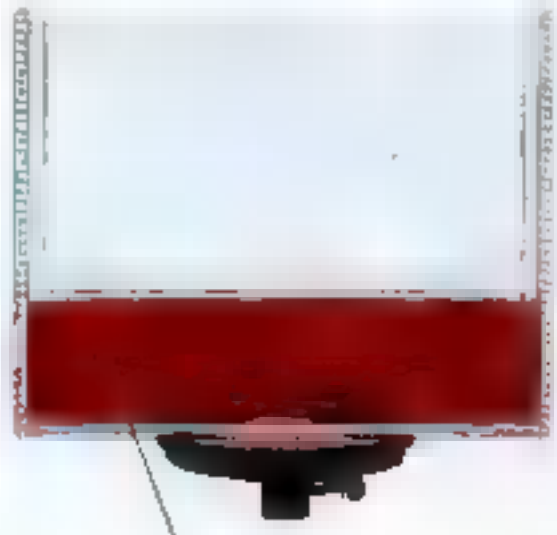


# الحركة الدائرية



## الجيروسكوب المدور

الأجسام المدورة لها عظامتها أو قسورها الذاتية كما للأجسام السائرة في خط مستقيم، وهي تقاوم تغيير اتجاه مسارها. ويضم الجيروسكوب دولاباً مدوراً يقاوم الجاذبية، إذا كان يدور بالسرعة الكافية، فيبدو من العنبر جداً قلب الجيروسكوب. وتستخدم الجيروسكوبات المدايرة كهربائياً في الأنظمة الملاحية على الطائرات والسفن.



الماء يرفو عندما الحوض ساكن.

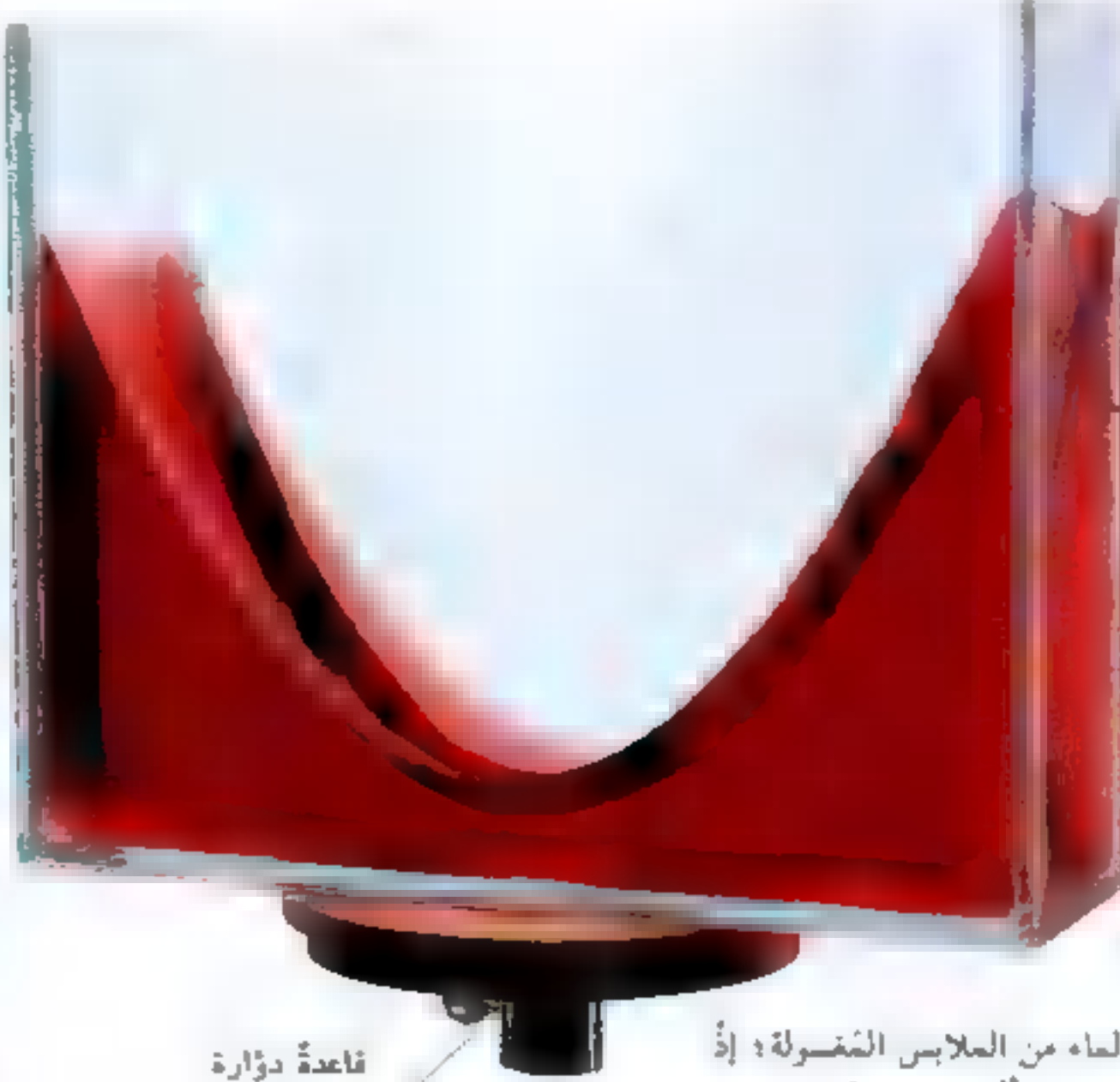
العجلات (الدواليب) والخداریف، والدوام والمراوح، ودورات الملاهي كلها تدور في دوائر؛ وواقع الحال أنها تغير اتجاه مسارها بشكل مستمر. فكل جزء من الجسم المدور يحاول السير في خط مستقيم، لكن قوة، تدعى القوة الجاذبة، تشده وسواه من أجزاء الجسم المدور نحو مركز الدائرة - مغيرة اتجاه مساره ليبقى دائرياً وليس في خط مستقيم. ولو يحاول حيوان منطلق بسرعة تغيير اتجاهه بلفة سريعة، فإن أقدامه تضغط الأرض بقوة فتتد الأرض بقوة رد الفعل ما يوفر له قوة جاذبة. أما إذا كان الحيوان منطلقاً بسرعة على سطح زلق كالجليد مثلاً، ولم يستطع شبت الأرض، فلن تتوافر له قوة جذب، وسيكون من العسير جداً عليه الالتفاف لتغيير وجهة سيره.



## القوة النابذة

تدور السيارة الدمية في مدارها داخل خلفة مقلية ولا تنفط حتى وهي مقلية رأساً على عقب. فكان هناك قوة، تدعى أحياناً القوة النابذة، تدفعها إلى أعلى. هذه القوة هي في الحقيقة عظاملة تحاول جعل مسار السيارة يستمر في خط مستقيم.

يرتفع الماء على الجدران عند تدويم الحوض بسرعة.



قاعدة دارة تدويم الحوض.

## الحياء المتسلقة

إذا دومت حوض فيه ماء بسرعة، فإن الماء يحاول الانطلاق خارج الحوض في خط مستقيم؛ والقوة التي تشده توترها جدران الحوض. وكلما ازدادت سرعة تدويم الحوض يزداد تحرك الماء للانطلاق نحو الخارج.

وتستخدم المصنعة الدوامية هذه الظاهرة لإزالة الماء من الملابس المنسولة؛ إذ يندفع الماء باتجاه جدران الأسطوانة المثقبة متدفعاً غير ثقوبها في خط مستقيم.

## زمني المطرقة

يدوم الرامي المطرقة حوله بالسرعة القصوى الممكنة قبل أن يطلقها. إن القوة الجاذبة اللازمة لإبقاء المطرقة مدومة في مدارها هي قوة الشد على السلك. وعندما يفلت الرامي المطرقة تزول القوة الجاذبة، فتتطلق المطرقة مستمرة في خط مستقيم بفعل عظامتها.



كلما ازدادت سرعة تدويم الرامي، يزداد ثقل مدى المطرقة عندما يفلتها.

## انعدام الوزن في المدار

يبقى مكوك الفضاء في مدار معين حول الأرض لأن الجاذبية الأرضية توفر قوة جاذبة تجعله يستمر في مداره بدلاً أن ينفلت متطلقاً في الفضاء. ويتأثر الرواد داخل المكوك بالجاذبية بالمدى نفسه، فيشعرون بانعدام الوزن لأنهم في حال سقوط مستمر لكن انطلاقهم إلى الأمام بتلك السرعة الفائقة يحملهم فوق الأفق في مسار دائري ثابت البعد عن الأرض.



## لزيد من المعلومات انظر

- القوى والحركة ص ١٢٠
- الاحتكاك ص ١٢١
- الجاذبية ص ١٢٢
- الصواريخ ص ٢٩٩



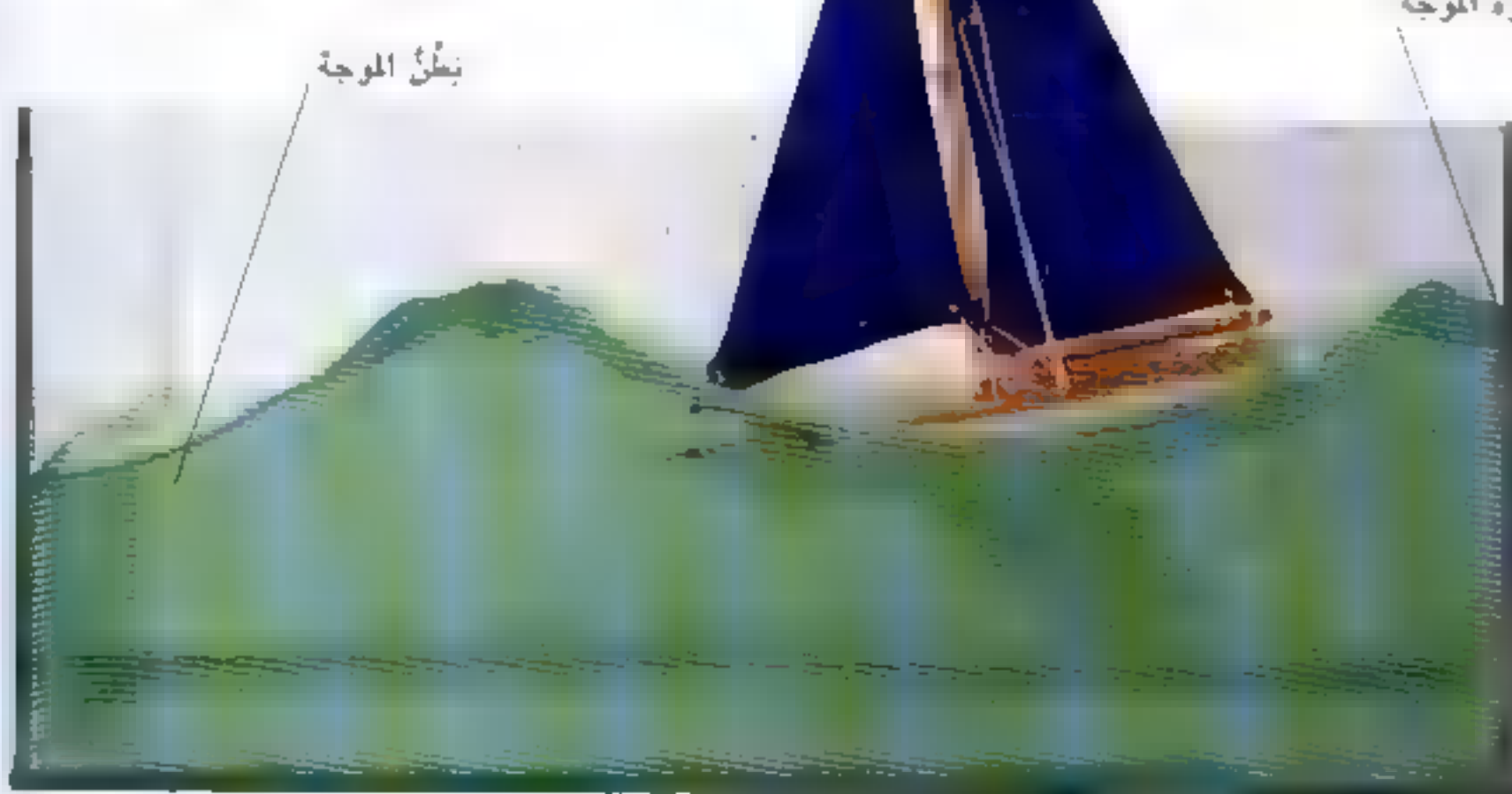
# الاهتزازات

إذا عُلِّقَت كُتْلَةٌ بخيط ودَقَّقَتْها إلى جانبِ فإنَّها تَرَجَّحُ جَيَّةً وذهاباً بانتظام؛ ويُدعى هذا الارتجاجُ الاهتزازُ أو الذبذبة. أمَّا عددُ المَرَّات التي يتذبذبُ فيها أيُّ جِسمٍ في ثانية واحدة فيُدعى التَّردُّدُ. كُلُّ شيءٍ له تردُّده الطبيعي؛ فإذا أرغم جِسمٌ على الاهتزاز بتردُّدٍ مُعادلٍ لتردُّده الطبيعي، فقد تتعاطفُ اهتزازاته إلى درجة الخطر. ففي العام ١٩٤٠، انهارَ جسرُ مضيق تاكوما في ولاية واشنطن، بالولايات المتحدة، لأنَّ العواصفَ جعلته يهتزُّ بعنفٍ تتساقطُ مع تردُّده الطبيعي. لكنَّ للاهتزازات أيضاً استخداماتها المُفيدة، فالمُثاقِبُ النَفْحِيَّة، العاملةُ بالهواء المضغوط، تُستخدَمُ الاهتزازات في تفيت المواد. والسَّاعاتُ تقيسُ الزمنَ بعدَ الذبذبات المنتظمة في آليتها.

الشَّعْطَةُ هي مدى الاهتزاز أو مُتَّسَعُ دُرُوتِهِ، والفترة هي الوقتُ اللازمُ لاهتزازة أو ذبذبة واحدة.

## اهتزازات الزلازل

الاهتزازات التي تُحدثها الزلازل خطيرةٌ وهادمة. الصورة الفوتوغرافية المصنَّعة الإخراج أعلاه تُنمِّلُ زلزالاً رمزياً في مدينة سان فرانسيسكو، بالولايات المتحدة. وتقع هذه المدينة على مقربة من صدع سان أندرياس الضخم - أحد الخطوط الصدعية العظيمة في العالم حيث يُحتملُ حدوثُ الزلازل من وقتٍ لآخر.



## الرَّقَاصُ (البندول)

خطرانُ الرَّقَاصِ (أو نوسانُهُ) ضربانٌ من الاهتزاز. ويعتمدُ زمنُ الخطران (جَيَّةً وذهاباً) على طولِ الرَّقَاصِ فقط، ولا علاقةٌ لِوِزْنِ ثِقَلِهِ أو سَعَةِ خطراتِهِ بذلك - شرط أن تكون الخطراتُ، أو زاويةُ الخطران، صغيرة. وقد ارتأى العالمُ الإيطاليُّ، غاليليو، إمكانيةَ ضبطِ السَّاعاتِ بواسطة الرَّقَاصِ. في السَّاعاتِ البندولية، يُديرُ خطرانُ الرَّقَاصِ دولاباً مُسْتَقِماً بِسرعةٍ منتظمة، وهذا بدوره يُديرُ عقربي الساعة.

## الأمواج

الاهتزازاتُ تُسبِّبُ تَمُوجَاتٍ - بعضها ظاهراً، كأمواج البحر، وبعضها الآخرُ تَقْدَّرُ رؤيته كأمواج الصوت الناتجة عن اهتزاز أو ذبذبة شيء. والأمواج قد تكونُ مُستعرضةً أو طولية.

## أمواج الماء

يتمُّ البركة أو مَوْجُ البحر أمواجٌ مُستعرضة. فمع غُمرِ المَوْجَةِ تهتزُّ جُسيماتُ الماء عمودياً صُفُوحاً وهُفُوحاً بالنسبة لِاتِّجَاهِ المَوْجَةِ.

## الكهرباءُ الإجهاديةُ

المَرُوءُ (الكوارتز) ذو خاصيةٍ مميَّزة - هي أنَّ شِخْنَةَ كهربائيَّةٍ تغيَّرُ حجمه. وبفضل ظاهرة الكهرباء الإجهادية هذه يمكنُ لتيارٍ كهربائيٍّ مُناسبٍ جعلُ بلُورَةٍ من الكوارتز تتذبذبُ بتردُّدٍ مُحدَّد. فالتَّيارُ الساري من البطارية في ساعة الكوارتز يجعلُ شريحةً صغيرةً من بلُورَةٍ كوارتزية تتذبذبُ ٣٢,٧٦٨ مرَّةً في الثانية. وتُحِيلُ جِذَادَةُ صُغْرِيَّةِ هذه الذبذبة إلى إشارةٍ واحدةٍ في الثانية. وهذه تضبطُ المحرَّكَ الذي يُديرُ العقاربَ أو يُحرِّضُ العَرْضَ الرقمي.



## أمواج الصوت

عندما تهتزُّ آلةٌ موسيقيةٌ كالصنج مثلاً، تُحدثُ أمواجاً صوتيةً في الهواء. جُسيماتُ الهواء في المَوْجَةِ الصوتية تهتزُّ جَيَّةً وذهاباً في اتِّجَاهِ مَسَارِ المَوْجَةِ - وهي أمواجٌ طولية.

## لزيد من المعلومات انظر

- البُورَات من ٣٠
- الصُّوت من ١٧٨
- قياسُ الصُّوت من ١٨٠
- الهُزَّاتُ الأرضية من ٢٢٠
- الأمواج، والمُتَدَّر، والتَّيارات من ٢٣٥



# الضغط

على ارتفاع ٢٠,٠٠٠ متر

ضغط الهواء على مخلوق ٢٠,٠٠٠ م أقل من ضغطه على مستوى سطح البحر.

تطير الطائرات على مخلوق شاق حيث ضغط الهواء أقل من الضغط داخل الجسم - مما يستحيل معه استنشاق الهواء! لذا يكتفئ الضغط داخل الطائرات.

الهواء فوق قمم الجبال العالية رقيق القوام، لذا يتوجب على المتسلقين الاستعانة بأجهزة تنفس لتأمين مزيج من الأكسجين. ضغط الهواء على ارتفاع ٥٠٠٠ متر يعادل نصف ضغطه تقريباً على مستوى سطح البحر.

على مستوى سطح البحر، ضغط الهواء يساوي كيلوغرام على السنتيمتر المربع - تقريباً وزن بقرة فوق طبق عادي.

لا يستطيع البشر الغطس أعماق من ١٢٠ م لأن ضغط الماء يستحقهم.

القواصص تغوص عميقاً تحت الماء، فهيكلها المتينة تحتل ضغطاً هائلاً.

على مخلوق ١٠,٠٠٠ م تحت سطح البحر، ضغط الماء يُعادل تقريباً وزن سبعة فيلة فوق طبق صغير!



مخلوق ١٠,٠٠٠ م

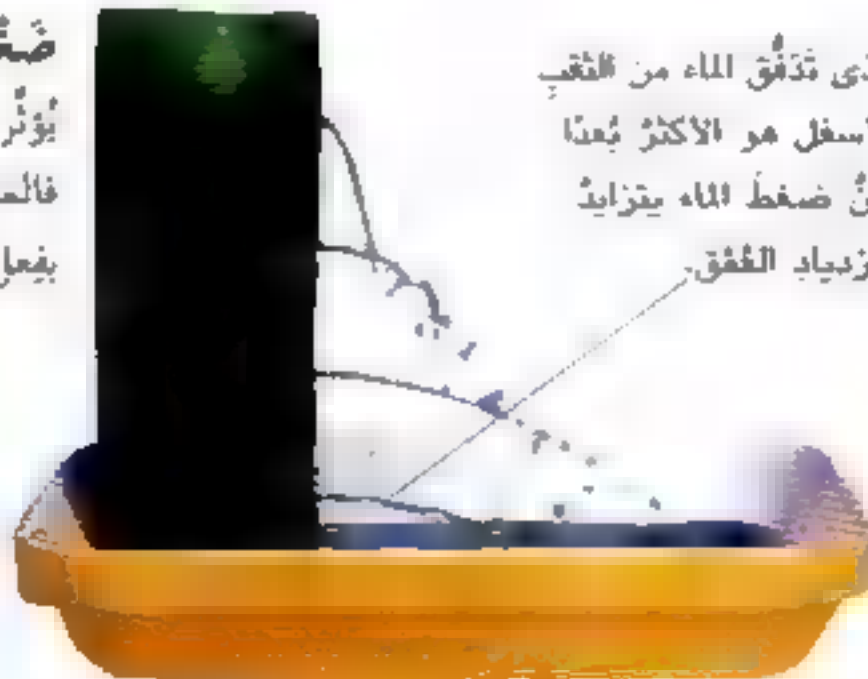
## تحت الضغط

الموائع، من سوائل وغازات، تُبدل ضغطاً على الأجسام، فالهواء يضغط علينا؛ ولولا الموائع المتواجدة في داخلنا، والتي تضغط بمقدار مساوٍ لضغط الهواء الخارجي، لكان الضغط الجوي على مستوى سطح الأرض يشقنا. ويتناقص ضغط الهواء كلما ارتفعنا لأن الهواء الضاغط حينئذٍ يتناقص أيضاً.

## ضغط السوائل

يؤثر ضغط السوائل في جميع الاتجاهات؛ فالعاء يتنجس عبر الثقوب في جانب هذا الوعاء بفعل الضغط الأفقي.

عند تدفق الماء من الثقب الأسفل هو الأكثر بُعداً لأن ضغط الماء يزداد بزيادة العمق.



لماذا خُفّ الجمل عريض مسطح؟ ولماذا رأس الدبوس مَرَّوسٌ حاد؟ السبب هو أن نشر القوة على مساحة كبيرة يقلل ضغطها؛ كذلك فإن تركيز القوة على مساحة صغيرة يزيد ضغطها كثيراً. فالجمل لا يغوص في الرمل لأن وزنه يتوزع على مساحة كبيرة؛ لكنك حين تكبس الدبوس في لوحة الإعلانات، فإن طرفه الحاد ينفذ في اللوحة بسهولة، لأن قوة إبهامك تركزت في مساحة ضيقة. يُقاس الضغط بمقدار القوة على وحدة المساحة.



## نشر الجمل

يستطيع طائر الجاكانا، في أمريكا الجنوبية، المشي فوق أوراق البيلوفر (زيتون الماء) الطافية دون أن يغوص لأن أياخسه (أصابع قدميه) ومخالبه تنشر وزنه فوق مساحة كبيرة.

## الشوخ والانفراز

لا تشوخ يرشاة المياه في التربة لأن وزنها منتشر على قاعدة واسعة، لكن من الشغل انفراز الرقش في الثراب لأن وزنه وقوة الدفع متركزان على حدة الرقيق. والشكين الحاد يقطع بسهولة بسبب نفسه - إذ القوة عليه مركزة في مساحة ضيقة على طول حده.

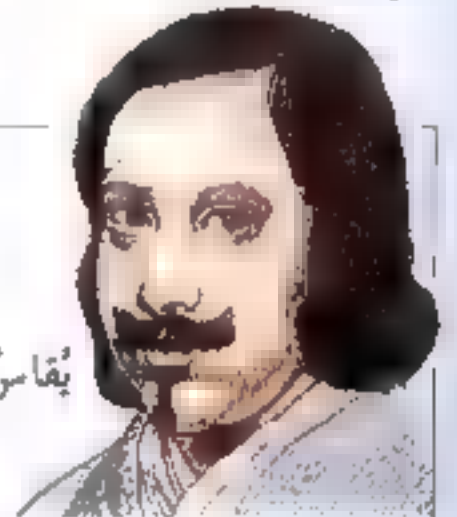


## إيتانجليستا

### توريشلي

يُقاس ضغط الهواء بالبارومتر. وكان الإيطالي إيتانجليستا توريشلي (١٦٠٨-١٦٤٧) قد اخترع

البارومتر الزئبقي عام ١٦٤٣، حين اكتشف أن مخلوق الزئبق في أنبوب مقلوب رأساً على عقب في طاس من الزئبق، يتغير بتغير ضغط الهواء. وقد تلمذ توريشلي على غاليليو ثم خلفه كرياضي البلاط لدى أرشيدوق تسكاني. وقد سُميت وحدة الضغط «تور» باسمه، وتساوي ضغط مليمتر واحد من الزئبق.



## لمزيد من المعلومات انظر

- شوك الغازات ص ٥١
- القوى في الموائع ص ١٢٨
- الجو ص ٢٤٨
- ضغط الهواء ص ٢٥٠



# القوى في الموائع

تسري الموائع (سوائل كانت أم غازات) عندما تؤثر قوة فيها؛ وهي لا شكل محددا لها، فتتخذ شكل الوعاء الذي يحتويها. وإذا ضغطت الموائع بقوة ما، تنتقل القوة الضاغطة إلى سائر أجزاء المائع.

وتعرف هذه الظاهرة بقاعدة إسكال، وتستخدم

في تشغيل بعض المعدات الآلية. ففي

مكبج السيارة الهيدرولي مثلاً، تنتقل

القوة المسلطة على دواسه المكبج إلى

الدواليب بواسطة سائل المكبج. ومن خواص

الموائع المفيدة عملياً أن المائع الساري بسرعة

أقل ضغطاً من المنساب ببطء. وتعرف هذه

الظاهرة التي تمكن الطائرات من التحليق عالياً

في الجو بقاعدة برنولي (برنويه).



جناح الطائرة  
مُشكّل على  
هيئة سطح  
أنسياب رافع.



## جناح الطائرة

يؤثر الجناح معظم قوة

الرفع أثناء الطيران بقوة ردّ

الفعل من زرفه جناحيه اللذين

يدفعان الهواء إلى أسفل. لكن

عندما يكون الجناح مسطحاً في الجو

انسياباً فقط، فإن بسطة الجناحين، بفضل

شكلهما، تكسبه قوة رفع.

## سطح الانسياب الرافع

سطح جناح الطائرة مقوّم من أعلى ومسطّح

تقريباً من الجناح السفلي مُشكلاً سطح

انسياب رافعاً - يرتفع عندما يسري الهواء

حواليه. ذلك لأن الهواء ينساب فوق سطح

الجناح الأعلى بسرعة أكثر من سرعته تحت

السطح السفلي، ووفقاً لقاعدة برنولي، يكون

الضغط تحت الجناح أكبر منه فوقه، مما يتيح

قوة رفع. وتزداد قوة الرفع بازدياد سرعة

سريان الهواء. لذا ينبغي أن تحقق الطائرة

سرعة كافية على المدرج لئلا يستطيع الإقلاع.



## بليز إسكال

بليز إسكال (١٦٢٣ -

١٦٦٢) عالم رياضيات

ولاهوتي فرنسي لامع.

صنّع أول آلة حاسبة

ناجحة في سن الثانية والعشرين؛

وفي العام ١٦٤٦ صنّع بارومترًا زئبقياً

واستخدمه لاحقاً في قياس الضغط الجوي.

وأدت دراسته خواص السوائل إلى

اكتشاف القاعدة المسماة باسمه. وتنص

قاعدة إسكال على أن الضغط المسلط

على جزء من المائع ينتقل بالتساوي إلى جميع

أجزائه. وقد سُميت وحدة الضغط الإسكال

(با) باسمه، وتُعادل نيوتن على المتر المربع.

تُحط فقاعات الصابون بأشكال  
غريبة لأن الصابون يقلل التوتر  
السطحي للماء.



## التوتر السطحي

يبدو سطح السائل وكأنه

مغطى بفشاء مؤثر متماسك

غير مرئي. وتعرف هذه الظاهرة

بالتوتر السطحي، وسببها القوى

بين الجزيئات التي تعمل مُحصلتها

على شدّ جزيئات السائل السطحية

نحو الداخل. والفقاعة تتخذ

شكلها الكروي المألوف بفعل

التوتر السطحي.

## الخاصة الشعرية

إذا غُطّست طرف أنبوب ضيّق

القطر جداً في سائل، فقد يرتفع

السائل في الأنبوب بفعل

الخاصة الشعرية. ويحدث

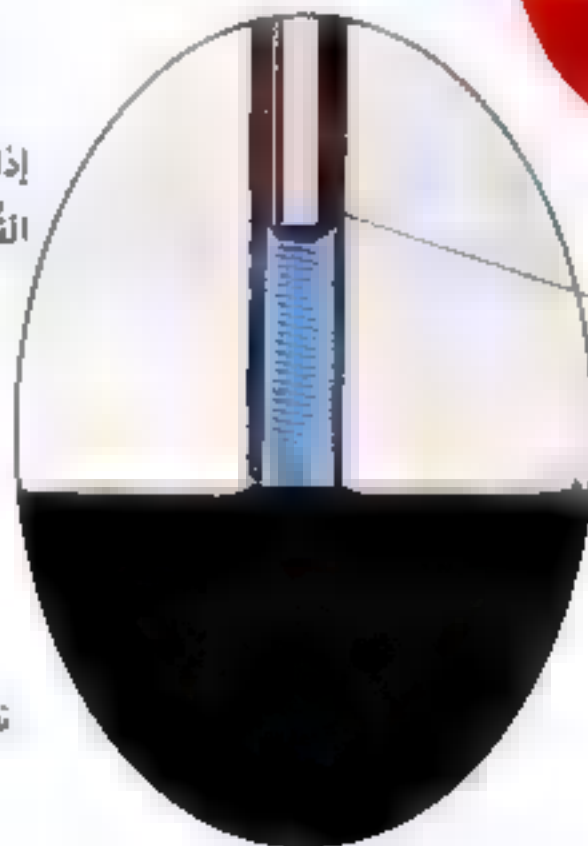
هذا إذا كانت قوة التجاذب

بين جزيئات السائل

وجزيئات الأنبوب أقوى من

التجاذب بين جزيئات السائل

نفسها كما في الماء.



يرتفع الماء  
بشكل  
مُحوي في  
الأنبوب  
الشعري.

## التماسك والالتصاق

هلاّ السطح، في أنبوب ضيّق القطر، مُحببة في

الماء ومُقعرة في الزئبق. ذلك لأن جسيمات

الزئبق قوية التجاذب وقوية التماسك فيما بينها

(وبالتالي فهي عالية التوتر السطحي) - علماً أن

قوة التماسك هي القوة بين جسيمات النوع

الواحد. أما جسيمات الماء فهي أكثر انجذاباً إلى

جسيمات زجاج الأنبوب منها إلى بعضها. وتدعى

القوة بين مادتين مختلفتين قوة الالتصاق؛ وهي

التي تُسبب التصاق قطرات المطر بزجاج النوافذ.

هلاّ السطح  
مُحببة



ماء

هلاّ السطح  
مُقعرة



زئبق

## لزيد من المعلومات انظر

- خصائص المادة ص ٢٢
- الترايب الكيميائية ص ٢٨
- الصابون والمنظفات ص ٩٥
- المواد اللصوقة ص ١٠٦
- الضغط ص ١٢٧
- الحايبات ص ١٧٢
- ضغط الهواء ص ٢٥٠
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٨



# الطفو والغوص

يبدو الجسم أخف وزناً إذا غمر في الماء لأن الماء يدفعه إلى أعلى. وتدعى قوة الدفع هذه الدفع الرافع أو الدفع العلوي، وتُعايدل وزن السائل المزاح - وتُعرف هذه الظاهرة بقاعدة أرخميدس. فالجسم يطفو إذا كان الدفع العلوي للسائل مساوياً لوزنه؛ ويغوص إذا زاد وزنه على الدفع العلوي. ويعتمد الطفو على كثافة الجسم - أي كمية المادة في وحدة الحجم منه. فالشمعة تطفو في الماء لأنها أقل منه كثافة، فتزيح منه ما يكفي ليوفر دفعاً علوياً يحملها؛ بينما يغوص الحجر لأنه أكثر من الماء؛ ووزن الماء المزاح، أي دفع الماء العلوي، أقل من وزنه.



الارتفاع في الجو  
ترتفع المناطق  
المغطاة بالهليوم  
في الهواء لأن  
الهليوم أقل  
كثافة من  
الهواء فوزن  
الهواء المزاح  
أكبر من وزنها.

## الطفو في الماء

تطفو الذرائع في الماء لأنها تزيح من الماء ما يُعايدل وزنها - أي إن قوة الدفع العلوي تساوي وزن الذرائع تماماً.



عندما الفؤاضة طافية تكون خزاناتها الصابورية (صهاريج الموازنة) مليئة بالهواء.

تدفع المراوح الفؤاضة إلى الأمام.

للغوص، يُضخ الماء إلى الخزانات الصابورية فتصبح الفؤاضة أثقل.

للتطفو، يُضخ الهواء في الخزانات الصابورية طارداً الماء منها فتصبح الفؤاضة أخف.



## الفؤاضات

يوجد في الفؤاضة مستوعبات تدعى الخزانات الصابورية، نجعلها تطفو عندما تُملأ بالهواء. فرغم أن الفؤاضة مصنوعة من الفولاذ، فإن مُعدّل كثافتها ومستوعباتها مليئة بالهواء أقل من كثافة الماء. لكن عندما يُضخ الماء إلى داخل الخزانات الصابورية فإن الفؤاضة تغوص لأن كثافتها تصبح أكبر من كثافة الماء.

## أرخميدس

أرخميدس (٢٨٧ -

٢١٢ ق.م.)

رياضي وفيزيائي

ومُخترع إغريقي

وصاحب القاعدة

المعروفة باسمه. يُحكى

أن الملك هيرو كلفه باختيار

الذهب المصنوع منه تاجه - فلاحظ وهو

يستنحم أن مغطسه يفيض عند نزوله فيه.

فقام يركض غريباً في الشوارع وهو يصيح:

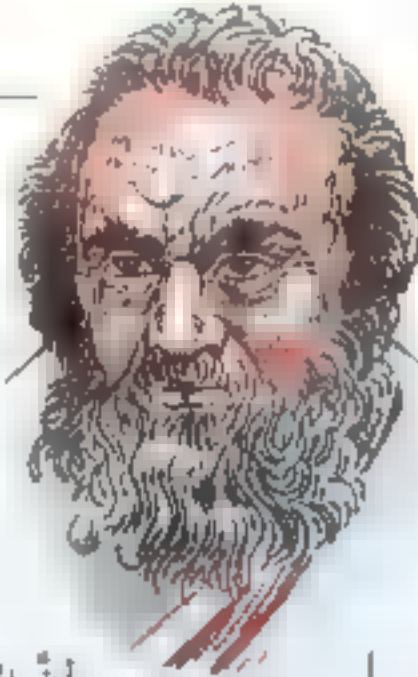
يورিকা، يورিকা (أي وجدتها!). وبمعرفته

أن دفع السوائل لجسم يختلف باختلاف كثافته

برهن أن ذهب التاج مغشوش. ولأرخميدس

اكتشافات جُلى في الهيدروستاتيك (علم

الموائع الساكنة) والهندسة والميكانيكا.



## أي الأثقل أو الأخف

تطفو الزيت فوق الماء لأنه أقل كثافة منه، ويطفو الماء فوق الشراب للسبب نفسه. التليئة أقل كثافة من السوائل الثلاثة لذا تطفو على سطح الزيت. والكتلة اللدائنية أقل كثافة من الماء وأكبر كثافة من الزيت، فهي تغوص في الزيت، وتطفو في الماء. أما حبة العنب فهي أكبر كثافة من الزيت والماء فتغوص فيهما، لكنها أقل كثافة من الشراب، فتطفو فوقه.



قليلة

زيت

كتلة

لدائنية

ماء

حبة عنب

شراب



مثانة هوائية.

## الأسماك

بعض الأسماك ذو مثانة هوائية تعمل كالخزانات الصابورية في الفؤاضة. يدخل الهواء إلى هذه المثانة عن طريق الفم، أو من مجرى الدم؛ فيمكن السمكة من الارتفاع صعداً في الماء.

## لمزيد من المعلومات انظر

خصائص المادة ص ٢٢  
القوى في الموائع ص ١٢٨  
المكثات ص ١٣٠  
الأسماك ص ٣٢٦  
حقائق ومعلومات ص ٤٠٨



# المكينات

## الآلات المُعَقَّدة

الحصادة الدَّراسَةُ مَكِينَةٌ مُعَقَّدَةٌ، والواقع أنها مؤلَّفة من مجموعة كبيرة متآزرية من الآلات البسيطة المترابطة بوسائلٍ بارعٍ مبتكرة من الثروس المعشقة والروافع والشُّور المتحركة ومنظومات الأنايب الهيدروليَّة. والنتائج مَكِينَةٌ بالغة الأهمية، تحصد الزَّرْع وتُذري الحَبَّ من القَشِّ.



ليست جميع المكينات ضخمة وكثيرة الضَّجَّة؛ فالعديد منها آلاتٌ صغيرة تُستخدم لأداء أعمالٍ بسيطة. لكن مَهْمَا كَانَ حَجْمُ الآلة، فالمفروض أنها تجعل أداء العمل المُعَيَّن أسهل. فبعضها يُحِيلُ الحَرَكَةَ القصيرة إلى حركة أطول، أو القوة الصغيرة إلى قوة أكبر؛ وبعضها الآخر يستطيع تغيير اتجاه القوة أو موقعها ويُسلِّطها حيث الحاجة تمس إليها. لكن الآلة لا تخلق طاقة، فكلما قلت قوة الجهد ازدادت مسافة تحريكها، ويعرف هذا بمبدأ الآلات. والمعروف أن كفاية أو فعالية المكينات لا يمكن أن تبلغ ١٠٠ بالمئة، لأن بعض الجهد المبذول يتبدد في مقاومة الاحتكاك بين أجزائها.

## تزييد الحركة

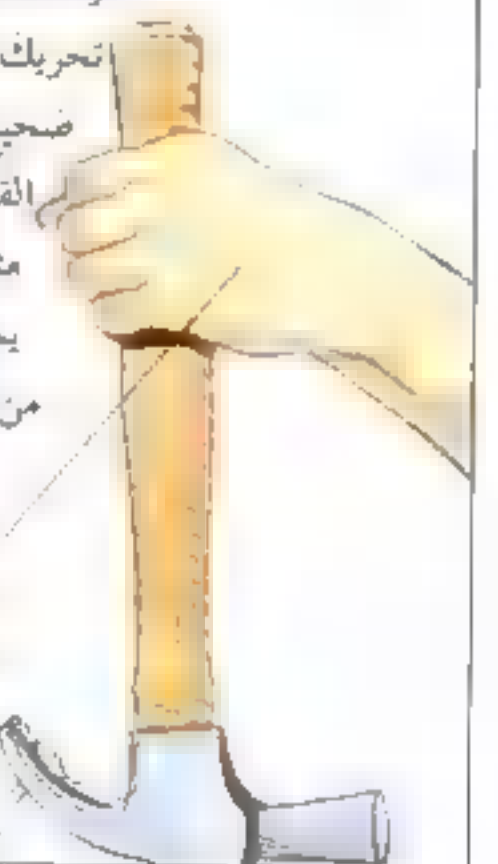
عندما يُستخدم فريق التجديف الثماني فجاذبهم لتحريك القارب، فإنهم في الواقع يستخدمون آلات تضاعف الحركة. فيتحريك الطرف الداخلي للمجذاف مسافة قصيرة، ينحرف الطرف الآخر مسافة أكبر، وهكذا يندفع القارب بسرعة غير الماء.



## قوة مضخمة

يروى عن العالم الإغريقي أرسيميدس أنه قال وأعطني رافعة ذات طول كاف، فأستطيع تحريك العالم. وهذا نظرياً صحيح، لأن الرافعة تضخم القوة. فالمطرقة المحلية مثلاً، وهي نوع من الروافع، يمكن استخدامها لرفع مسار من قطعة خشبية بقوة ضئيلة.

إذا شدت برقي على يد المطرقة، فإن المخلب في الطرف الآخر يشد المسام بقوة كبيرة.



## داخل البيانو

العزف الجيد على البيانو يتطلب عزف النغمات الموسيقية بسرعة، ليلاً أو شدة. لذا فإن أصابع أو مفاتيح البيانو تتصل بالآوتار بنظام مُعَقَّد من الروافع يضخم الحركة عند تنقل أصابع العازف عليها. فحركة إصبعية محدودة تضرب المطرقة وتر البيانو المعين بقوة، فيضيد النغمة المطلوبة.



## الطريق المُتَمَمِّج

صعود الجبل على طريق مُتَمَمِّج أيسر من تسلق السَّحْج في خط مُستقيم. فالطريق المُتَمَمِّج، كالألة البسيطة، يُخَفِّض الجهد اللازم للصعود إلى القمة، لكنه يطيل المسافة ليلوئها.





## الآلات البسيطة

السطح المائل والأسافين والمسامير الملولبة والرافعة والبكرات والمستنات (أو التروس) جميعها تُدعى آلات بسيطة. وهي تُيسر الشغل لأنها تمكن قوة صغيرة، تُدعى الجهد، من التغلب على قوة أكبر، تُدعى الحمل. ويُقال في الآلات التي تزيد القوة أنها ذات فائدة آلية يُمكن احتسابها بقسمة الحمل على الجهد. أما الآلات التي تزيد الحركة، ففائدتها تُدعى النسبة السرعة، ويمكن احتسابها بقسمة المسافة التي يقطعها الحمل على المسافة التي يقطعها الجهد.



هناك جبال أربعة تُشَدُّ البكرة السفلى والحمل، مما يجعل الفائدة الآلية (والنسبة السرعة) لهذه الآلة ٤.



## الإسفين

تُصلُّ البُلمة إسفين، وهو آلة تُضخِّم القوة. فعندما تضرب البلمة الحطبة تتغلغل قوة الضربة إلى الشغل الذي يخترق قطعة الخشب قليلاً ويرغمها على الانغلاق. تتحرك قطعة الخشب غير مسافة أقل من مسافة تحرك الشغل ولكن بقوة أشد.

## البكرة

البكرة تقبض في رفع الأشياء عمودياً، وتتألف ببساطة من خبل ملفوف حول دولاب، يوصل أحد طرفيه بالحمل ويُسلط الجهد على الطرف الآخر لرفع الحمل. وعند استخدام أكثر من دولاب واحد، كما في البكرة أعلاه، تضخم القوة أو الجهد، فيمكن عندئذ رفع جنبل كبير بجهد أقل.

## المستنات والملفاف

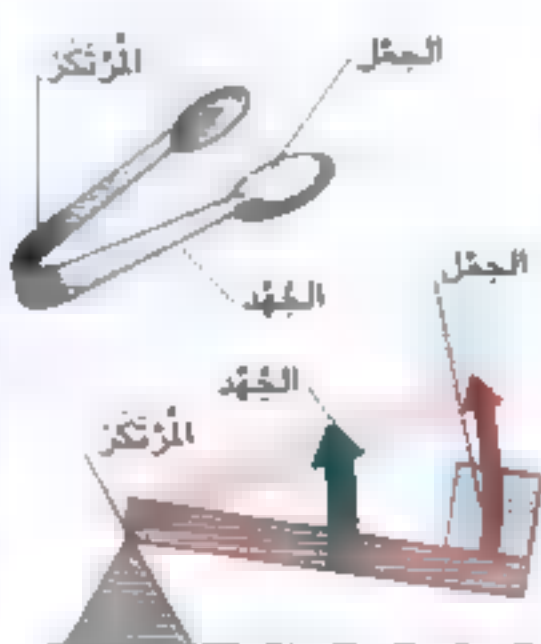
تحتوي خفافة البيض نوعين من الآلات البسيطة - مستنات وملفاف. المستنات المُعشقة أزواجاً، أحدها أكبر من الآخر، تضاعف القوة أو تضاعف السرعة وتغير اتجاه الحركة. الملفاف يُضاعف القوة لأن مسار الدولاب أطول من مسار الجزء - فيدور الجزء بقوة أشد. يقبض (أو يد) الخفافة يُدير المستنات الكبرى بفائدة آلية كدولاب وجزء، والمستنات الكبرى تُدير بدورها مستنات أصغر بسرعة أعظم.

للخفافة جناحان تدوران.

يدور محور الخفافة بترسيتين الصغيرتين، مسافة أقل من المستنات الكبرى فيديران جناحي الخفافة بقوة أشد.

## الرافعة

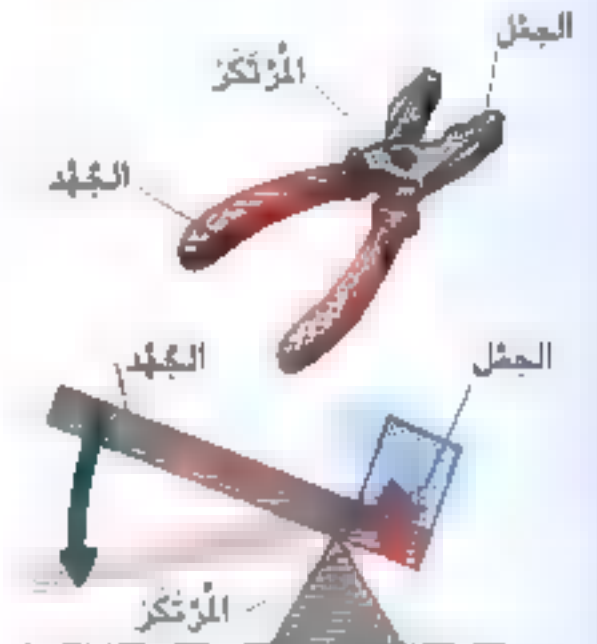
الرافعة مُخل أو ذراع يدور حول نقطة تُدعى المؤتكز أو محور الارتكاز لتحريك الحمل. هناك ثلاثة أنواع من الرافعات تبعاً لموقع المؤتكز بين الجهد والحمل، كما هو مبين في الشكل السفلي. الرافعات من النوع الأول والثاني تضخم القوة (مسافة الجهد فيها أكبر من مسافة الحمل)، ورافعة النوع الثالث تضخم المسافة. في الجسم البشري أمثلة على مختلف أنواع الرافعات - فالذراع مثلاً، رافعة من النوع الثالث، مؤتكزها عند المرفق، وجنبلها هو اليد وما قد تحمله، وجنبلها هو ما تبذله عضلة الذراع من قوة شد.



الملقط رافعة من النوع الثالث - تضخم المسافة (الجهد بين المؤتكز والمقاومة)



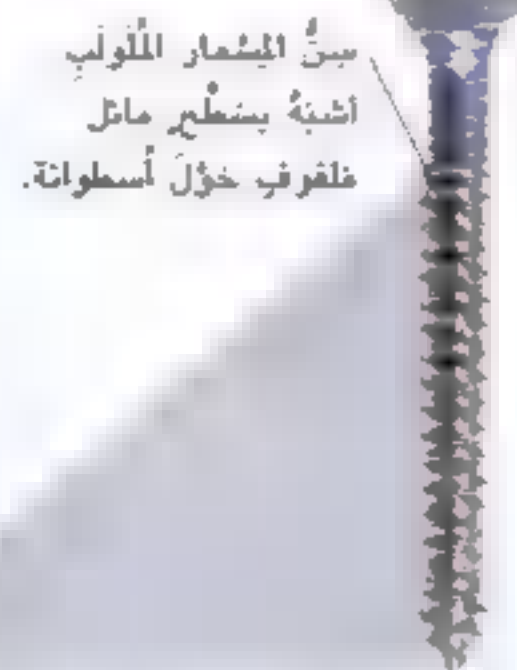
كسارة الجوز رافعة من النوع الثاني - تضخم القوة (الجهد بين المؤتكز والحمل)



الزبدية رافعة من النوع الأول - تضخم القوة (المؤتكز بين الجهد والحمل)

## السطح المائل

المعروف أن دفع الشيء صعباً على سطح مائل أيسر من رفعه خلاً. يُستخدم مثال نقل الأثاث مثلاً، لوحاً مائلاً في تحميل الأغراض الثقيلة في الشاحنة. فهم يدفعون الأشياء مسافة أطول من مسافة رفعها عمودياً، لكنهم يبذلون في ذلك جهداً أقل - فالسطح المائل إذن آلة تضخم القوة.



بين المسامير الملولبة أشبه بسطح مائل ملفوف حول أسطوانة.

## المسامير الملولبة

بين المسامير الملولبة هو في الواقع سطح مائل. والمسامير الملولبة ذو فائدة آلية لأنه يبرم مسافة أطول من المسافة التي يتحرك بها إلى الأمام وهذا يعني أنه يتحرك إلى الأمام بقوة أكبر من القوة التي تُبذل في برمه. أحياناً تُرفع مياه النهر لري الحقول بواسطة نبطة تُدعى شادوف أرخميدس. فكلما يُدار الشادوف دورة، ترتفع المياه قليلاً داخل أنبوه.



شادوف أرخميدس

## لمزيد من المعلومات انظر

- القوى والحركة ص ١٢٠
- قوى الدوران والتدوير ص ١٢٤
- الظفر والغوص ص ١٢٩
- الأصوات الموسيقية ص ١٨٦
- الهايكل الداعمة ص ٣٥٢
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٨



# الشغل والطاقة

بالمفهوم العلمي، ينتج الشغل فقط عندما تحرك قوة شيئاً. فحين ترفع جسمًا ثقيلًا، أنت تقوم بشغل لأنك تبذل قوة تحرك الجسم. ولا يبذل شغل بدون طاقة؛ فالطاقة هي القدرة على أداء شغل، أي إن أداء الشغل يتم باستهلاك الطاقة، أو على الأصح، بتحويلها من شكل إلى آخر. نحن نحصل على الطاقة من الطعام كطاقة كيميائية. كذلك نحصل بعض الآلات على طاقتها بشكل كيميائي من الوقود كالبنزين والغاز. وهناك أشكال أخرى من الطاقة - كالطاقة الحرارية والضوئية والنوية والكهربائية. ولكي ندرك كيف تتحرك الأشياء ولماذا، ينبغي لنا معرفة نوع ومقدار الطاقة المتوفرة لديها.

في رفق ثفاحه  
ورثها نبوت  
عموديا مسافة  
متر يبدل شغل  
بمقداره جول

## قياس الشغل

عندما ترفع شاحنة المرفاع الشوكي صناديق الشحن، فهي تعمل على مقاومة قوة الجاذبية. وكلما ازداد ثقل الصناديق ومدى الرفع، يزداد الشغل المبذول، (الشغل = القوة × المسافة).



كيلوغرام من  
البندورة (الطماطم)  
٢٤ غرام من الشوكولاته  
بالحليب (بالبن)

## طاقة الأغذية

لا يمكنك العيش بدون الطاقة التي تحصل عليها يوميًا من طعامك. لكن الإفراط في تناول الطاقة قد يضر صحتك. أنواع الأغذية المختلفة تحوي كميات مختلفة من الطاقة. فالطاقة المتوفرة في ٢٤ غرامًا من الشوكولاته بالحليب مثلاً، تعادل الطاقة المتوفرة في كيلوغرام واحد من البندورة الطازجة.

## طاقة طبيعية

نستخدم خنفساء الرؤث الطاقة المخزونة في عضلاتها لتبذل شغلاً - في هذه الحالة، دفع كرة الرؤث صاعدة فوق منحدر. فكلما ازداد ثقل الكرة وازداد مدى رفعها، يزداد الشغل الذي تبذله الخنفساء، وتزداد الطاقة التي تستهلكها.



## الجول

يستخدم الجول كوحدة شغل، كما هو وحدة طاقة. والجول هو الشغل المبذول عندما تحرك قوة، مقدارها نيوتن، شيئاً مسافة متر في اتجاهها.

## احتياجاتنا من الطاقة

نقاس الطاقة بالجول، لكن الجول وحدة صغيرة؛ لذا نستخدم الكيلوجول (كج = ١٠٠٠ جول) كوحدة لقياس كمية الطاقة في طعامنا. كما نستخدم أيضاً وحدة الكيلوكالوري (ككال = ٤.٢ كيلوجول). الذكور والإناث من مختلف الأعمار يستهلكون كميات مختلفة من الطاقة كل يوم، تبعاً لنوع عمل كل منهم. فالصبي الراشد مثلاً، يحتاج إلى حوالي ١٢,٦٠٠ كج (أو ٣٠٠٠ ككال) من الطاقة يوميًا، بينما نحتاج الفتاة إلى حوالي ١٠,٥٠٠ كج (أو ٢٥٠٠ ككال).

## جيمس جول

العالم الإنكليزي

جيمس جول

(١٨٨٩-١٨١٨) كان

من أوائل من أدركوا

أن الشغل يولد حرارة،

وأن الحرارة شكل من

أشكال الطاقة. فقد أدار جول مغاديف

خاصة في وعاء به ماء، فلاحظ أن الماء يسخن،

وأنه كلما ازداد تدوير المغاديف، وبالتالي

الشغل المبذول، ازدادت سخونة الماء.

فأدرك أن الشغل يحول الطاقة الحركية إلى طاقة

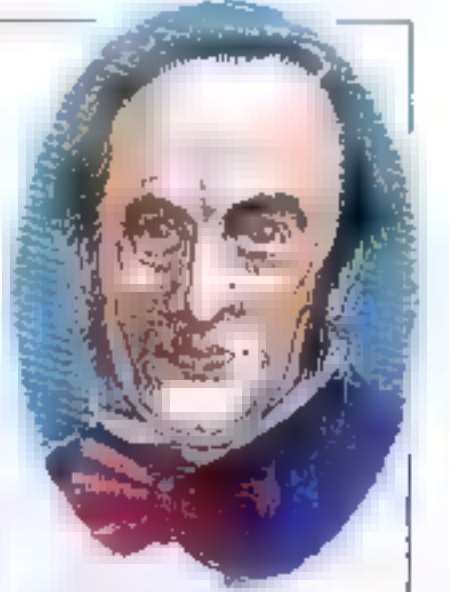
حرارية. كان جول مقررًا بإجراء

الاختبارات، وقد وجد بالاختيار مرة أن درجة

حرارة الماء، في أسفل الشلال، أزيد منها في

أعلى، مما يثبت أن طاقة المياه الساقطة

تتحول إلى حرارة.



عاجل يشغل  
١٦٨٠٠ كج  
(أو ٤٠٠٠ ككال)

دخل - ١٢٦٠٠ كج  
(أو ٣٠٠٠ ككال)

امرأة - ٩٢٠٠ كج  
(أو ٢٢٠٠ ككال)

فتى - ١٢٦٠٠ كج  
(أو ٣٠٠٠ ككال)

فتاة - ١٠٥٠٠ كج  
(أو ٢٥٠٠ ككال)

ولد - ٨٤٠٠ كج  
(أو ٢٠٠٠ ككال)

مطل - ١٦٢٠٠ كج  
(أو ٣٩٠٠ ككال)



## أشكال الطاقة

الجسم المتحرك له طاقة يكتسبها نتيجة لحركته، فطاقة الحركة من سيارة متحركة قد تهدم جداراً من الطوب. أما الطاقة التي يكتسبها الجسم نتيجة لوضعه، كمااء السد العالي مثلاً، فهي طاقة الوضع، وهي طاقة كامنة يمكن أن تتحول إلى طاقة حركية. الطاقة الكيميائية هي شكل من أشكال الطاقة الكامنة المخزنة في التركيبة الكيميائية لبعض الأشياء كالبنات والنفط والفحم والبطاريات. وأكثر أشكال الطاقة تعدد استعمالاً، هي الطاقة الكهربائية إذ يمكن تحويلها بسهولة إلى أشكال أخرى من الطاقة: ضوءاً أو صوتاً أو حرارة.

التفريزون الثقالي هذا يعمل بطاقة كيميائية، مخزونة في بطارياته. تتحرر عندما يسري تيار كهربائي عبره لتنتج حرارة وصوتاً وصوتاً.



في عضلات القطيفة طاقة مخزونة تستخدم الهرة بعضها لتسلق الشجرة. وحلال التسلق تزداد طاقتها الكامنة الثقالية - بحيث يمكنها السقوط ويسقطها تكتسب القطيفة طاقة حركية.

في أوراق النبتة ومختلف أجزائها طاقة مخزونة يمكن إطلاقها إذا تغير التركيب الكيميائي للنبتة، كان تحرق أو يلتهمها حيوان مثلاً. فتنتج طاقة ضوئية أو حرارية.



عقريت القلبية يكتسب طاقة كامنة مطبوعة عندما يُكبس داخل القلبية.

### طاقة الحركة

استخدمت الطواحين الهوائية أصلاً لتدوير الآب كالطاحون مثلاً. فبدوران أسرعها تحرك طاحونة الهواء الرّحى، مُحولة طاقة حركة الرّيح إلى حركة خببر الرّحى. تتناوب طاقة حركة الجسم طردياً مع كتلته وبتربع سرعته. فإذا تضاعفت كتلة الجسم، تضاعفت طاقة حركته، أما إذا تضاعفت سرعته، فإن طاقة حركته تزداد أربع مرّات.



عند رفع غطاء القلبية يندفع العقريت قاعراً بتحويل طاقته الكامنة إلى طاقة حركية.

## جيمس واط

جيمس واط (١٧٣٦-١٨١٩)، مخترع اسكتلندي عميل صانع أدوات بجامعة غلاسكو وهو في بين العشرين. وبينما كان يُصلح نموذج محرك بخاري، ارتأى إمكانية تحسينه فيما لو سُغل بأسطواناتين. وقد صنع محركاً بخارياً مُحسّناً بالحجم الطبيعي، فكان أعلى قدرة وأجدي اقتصادياً من المحركات السابقة بكثير. ولم يمضِ طويل وقت حتى عم استخدام محركاته في المصانع والمناجم الإنكليزية كافة، كما صُدرت إلى أوروبا وأمريكا الشمالية.



يحتاج إلى ولذين لرفع الثقل بالسرعة التي يرفع بها الرجل.



### رفع الأثقال

القدرة هي معدل بذل الشغل، أو مقدار السرعة التي يتحول فيها شكل من الطاقة إلى آخر. الرجل أشد قدرة من الولد، فهو يستطيع رفع الثقل بسرعة، لكن الولد إن استطاع ذلك فيبطء. وخدعة قياس القدرة الواط، وقيمه حول في الثانية.

### الطاقة الكامنة

الطاقة الكامنة هي الطاقة التي يكتسبها الجسم نتيجة لوضعه أو حالته. فعقريت القلبية مثلاً، يكتسب طاقة كامنة عندما يُضغَط داخل القلبية. ومن أنواع الطاقة الكامنة الطاقة الكامنة الثقالية (الجسم مرفوع)، والطاقة الكامنة المروية (الجسم مرن مضغوط أو مضغوط)، والطاقة الكامنة الكهربائية (الجسم قرب شحنة كهربائية)، والطاقة الكامنة المغناطيسية (لقطعة من الحديد قرب مغناطيس).

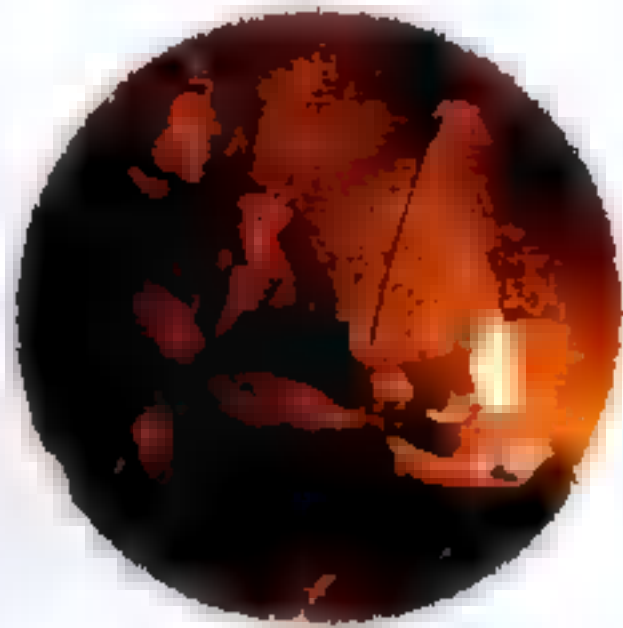
#### لمزيد من المعلومات انظر

- مضاد الطاقة ص ١٣٤
- الحرارة ص ١٤٠
- المحركات ص ١٤٣
- مصادر الكهرباء ص ١٦٠
- الصوت والضوء ص ١٧٧
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٨



# مصادر الطاقة

كمية الطاقة التي تصل الأرض من الشمس ضخمة (حوالي  $3 \times 10^{24}$  ميغاواط ساعة سنوياً). وقد قُدِّرَ أحدهم الطاقة الساقطة على طُرقات الولايات المتحدة في سنة واحدة بضغف الطاقة المنتجة من الفحم والتُّقَط سنوياً في سائر أقطار العالم. وتصلنا طاقة الشمس في ظواهر متعددة - كالرياح والأمواج مثلاً، أو كطاقة شمسية مباشرة. وتنحصر أشكال الطاقة التي ليست الشمس مصدرها في الطاقة النووية، والطاقة الكيماوية في البطاريات الكهربائية، وطاقة المد والجزر، والطاقة الحرارية الأرضية الجوفية. مصادر الطاقة بعضها متجدد لا ينضب، وبعضها الآخر، كالتُّقَط والفحم لا يتجدد، وهو آيل حتماً للتفاد.

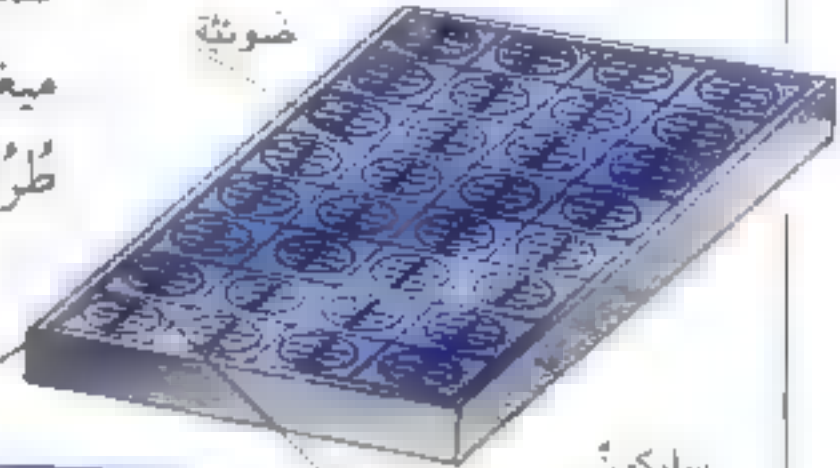


## طاقة الكتلة الحيوية

الطاقة المستمدة من المنتجات الغضروفية للكانات الحية كالحطب والجلّة مثلاً، تُدعى طاقة الكتلة الحيوية. ويستخدم نصف سكان الأرض تقريباً أحد أشكال هذه الطاقة في الطبخ والتدفئة والإضاءة. هذا الرجل من الهند يستخدم الغاز الحيوي للطبخ. وهذا الغاز هو مزيج من الميثان وثنائي أكسيد الكربون يتشعّب من نفض الفضلات أو تخمر زوت الحيوانات.

ماتورة خلايا شمسية

خلية لبطارية ضوئية



سليكون مشوّ

بالفسفور لينتج

إلكترونات طليقة.

سليكون مشوّ

بالبورون ينتج

شُعرات إلكترونية.

الطاقة الإشعاعية من ضوء الشمس الساقط على الخلية تدفع الإلكترونات من طبقة إلى أخرى مولدة تياراً كهربائياً.

## تحويل ضوء الشمس إلى طاقة

الشمس مصدر طاقة مهم متجدد وغير ملوث. يمكن تحويل طاقة الشمس إلى طاقة كهربائية مباشرة داخل خلايا (شمسية) فلتائية ضوئية. وتستخدم هذه الخلايا في الحاسبات والمنارات الراديوية ومحطات الوصل التلفونية العاملة بالطاقة الشمسية في المناطق النائية، كما في الشواطئ الفضائية، وفي الطائرات الملاحية في غرض المحيطات.

التربين الهوائي ذو دوار مروحي الشط عادة، ويقام على برج عالٍ.

## قدرة الرياح

تستخدم الطواحين الهوائية منذ القدم في طحن الحبوب وضخ المياه من الآبار؛ واليوم، تُصنّف التربينات الهوائية لتوليد الكهرباء. ففي حقول من هذه التربينات في مغير الموننت بكاليفورنيا، الولايات المتحدة هناك ٣٠٠ ترين تُمَدُّ كافة المناطق حول لوس أنجلوس بالكهرباء. أما أضخم مولد هوائي للكهرباء في العالم فيوجد في هاواي؛ إذ يبلغ طول الواحدة من ريشتي مروحة التمامة فوق برج بعلو ٢٠ طابقاً، قرابة ٥٠ متراً.

## الصخور الحارة

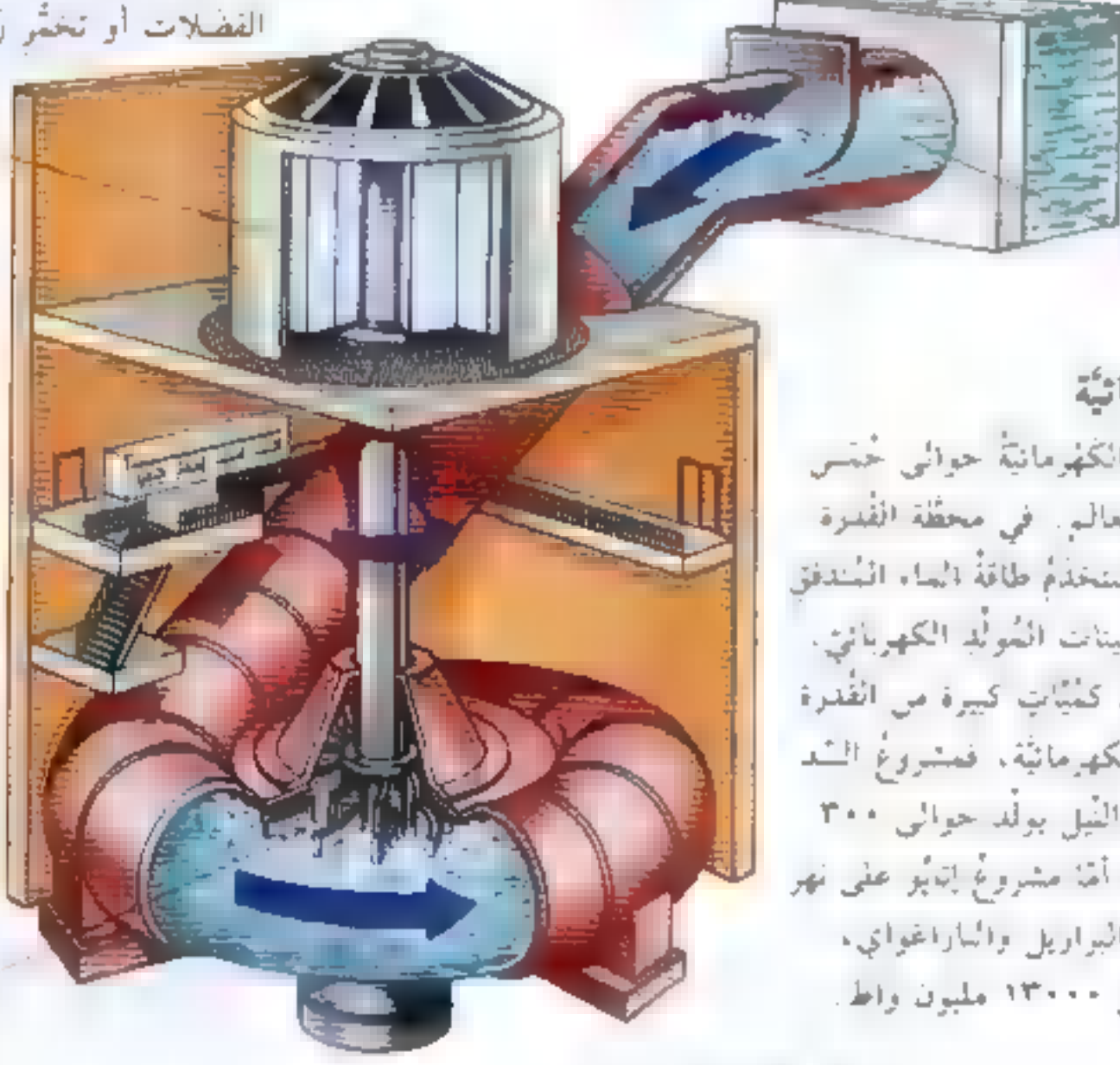
تبلغ حرارة بعض الصخور في القشرة الأرضية ١٠٠٠°س، مما يجعل جوف الأرض مخزوناً هائلاً للطاقة الحرارية الأرضية. بعض هذه الطاقة يصل إلى سطح الأرض طبيعياً كمحطات المياه الحارة أو فوارات البخار. وفي بعض المناطق يُضخ الماء إلى باطن الأرض ليُسَخَّن ثم يُعاد لإفادة من طاقته الحرارية. وتُستغل الطاقة الحرارية الأرضية في قرابة ٢٠ بلداً في العالم للتدفئة أو لتوليد الكهرباء.



## القدرة المائية

توفّر الطاقة الكهربائية حوالي خمس الطاقة في العالم. في محطة القدرة الكهربائية تُستخدم طاقة الماء المتدفق في تسيير ترينينات المولد الكهربائي. ويمكن توليد كميات كبيرة من القدرة بالمشايخ الكهربائية، فمشروع السد العالي على النيل بولد حوالي ٣٠٠ مليون واط، أما مشروع إيتبو على نهر بارانا، بين البرازيل والباراغواي، فيولد حوالي ١٣٠٠٠ مليون واط.

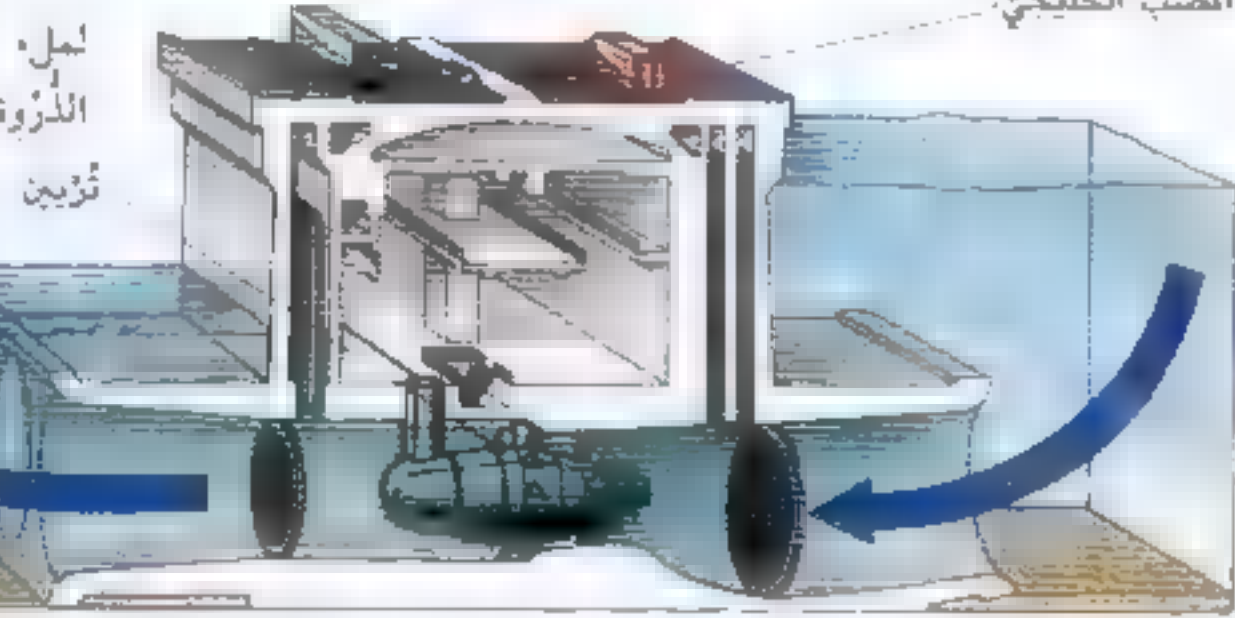
يندفق الماء من الخزان نحو التربين.



## قدرة المد

بُنيت أولى تربينات محطات القدرة المدّ جزرية في العالم غير المنضب الخليجي لنهر رانس في بريناني، بفرنسا، وتستطيع إنتاج ٢٤٠ مليون واط - تُشَدُّ احتياجات مدينة سكانها ٣٠٠.٠٠٠ نسمة. عند الجزر، يُحصَر الماء داخل السد على مستوى ذروة المد. وعندما يصل الفرق في مستويي الماء ٣ أمتار، يُسمح للماء بالتدفق من السد نحو البحر، ماراً عبر ٢٤ تريناً ضخماً لتسيير مولدات للكهرباء. وعند عودة المد، يُسمح للماء بالتدفق غير حاجز السد لعمل خليج المصّب حتى الذروة. وتكرّر العملية دورياً.

مريق سياريات فوق المصّب الخليجي.





## داخل محطة لتوليد القدرة

تحتوي محطة توليد القدرة العاملة بالزيت أو الفحم فُرناً حيث يُحرق الوقود لتسخين الماء وإنتاج البخار. وهذا البخار يُديرُ تربينَ مُولِّد كهربائي. ومن المُولِّد تُرسل الكهرباء عبر كِبَلات شبكة التوزيع إلى المنازل والمكاتب والمصانع. والبخار يُمرَّر عادةً عبر ثلاثة تُرِينات على التوالي، حتى تُستفد كلُّ طاقته قبل أن يُعاد ليُكثَّف ماء في المكثف.

يقلَّت بعض من الحرارة غير المُستخفَّة.

فُرْج التبريد

مُولِّد كهربائي ضخم

المُخَوِّل يُحوِّل الطَّاقة قبل توزيع التيار على المنازل والمصانع.

المكثف

ونفاذ مخزون الفحم العالمي خلال ٢٥٠ سنة.

ونفاذ مخزون الغاز العالمي خلال ٦٠ عامًا.

يشري الماء من المكثف إلى أبراج التبريد حيث يُزد في الهواء ليُبْرَد.

لتسريع الاشتعال يُشخَّق الفحم في طاحون ويُثَبَّر سحبه في الفُرْن حيث يشتعل بتوقُّع.

يتوقَّع الخبراء نفاد احتياطي النفط العالمي خلال ٤٠ عامًا.

## الوقود الأحفوري

الفحم والغاز الطبيعي والنفط وقود أحفورية لأنها بقايا نباتات وحيوانات اندثرت منذ زمن بعيد. وهي وقود سهلة الاستعمال وفيرة القدرة، لكنَّ استعمالها يُطلق ثاني أكسيد الكربون في الجوِّ ممَّا يزيدُ الحمم العالمي بظاهرة الدفئ. إنَّ مُعدَّل استهلاك هذه الوقود يتزايد بسرعة، علمًا أنَّ مخزونها العالمي محدودٌ كمًّا. وحتى لو استمرَّ الاستهلاك بالمُعدَّل الحالي، فإنَّ مُخزونها في العالم لن يكفي لأكثر من ٢٥٠ سنة.

## مصادر الطاقة

ح ١٠٠ استُخدم الرومان الفحم وقودًا.  
ح ٦٥٠ استُخدمت الطواحين الهوائية في بلاد فارس.

١٨٥٩ خُبرت أول بئر للنفط في بنسلفانيا، بالولايات المتحدة.

١٨٨٠ بُنيت أول محطة لتوليد الكهرباء في لندن بإنجلترا.

١٨٩١ عُرضت أول محطة قدرة كهربائية في ألمانيا.

١٩٥١ توليد الكهرباء للمرة الأولى بالطاقة النووية في الولايات المتحدة.

١٩٦٠ بُنيت أول محطة قدرة حرارية شمسية في تركمنستان بالاتحاد السوفياتي السابق.

١٩٦٨ دُشنت أول محطة قدرة مائية في فرنسا.

## الطاقة في المنازل

يستهلك منزلٌ عاديٌّ في سنة واحدة خمسة أضعاف الطاقة التي يبذلها جميع المتسابقين في سباق ماراتوني (مدا ٤٢,٢ كلم). المصدَّر الأساسي للطاقة في المنازل هو الكهرباء، لكنَّ يُستخدم أيضًا الفحم والغاز والزيت والخطب. وقد تُستخدم بعض المنازل الحديثة الشَّخانات الشمسية لتسخين الماء. والسَّخَّان الشمسي هو صندوق ذو واجهة زجاجية في داخله أنابيب مطلية بدهان أسود - لأنَّ اللون الأسود يمتصُّ حرارة الشمس فيسخن الماء الشاري في الأنابيب.



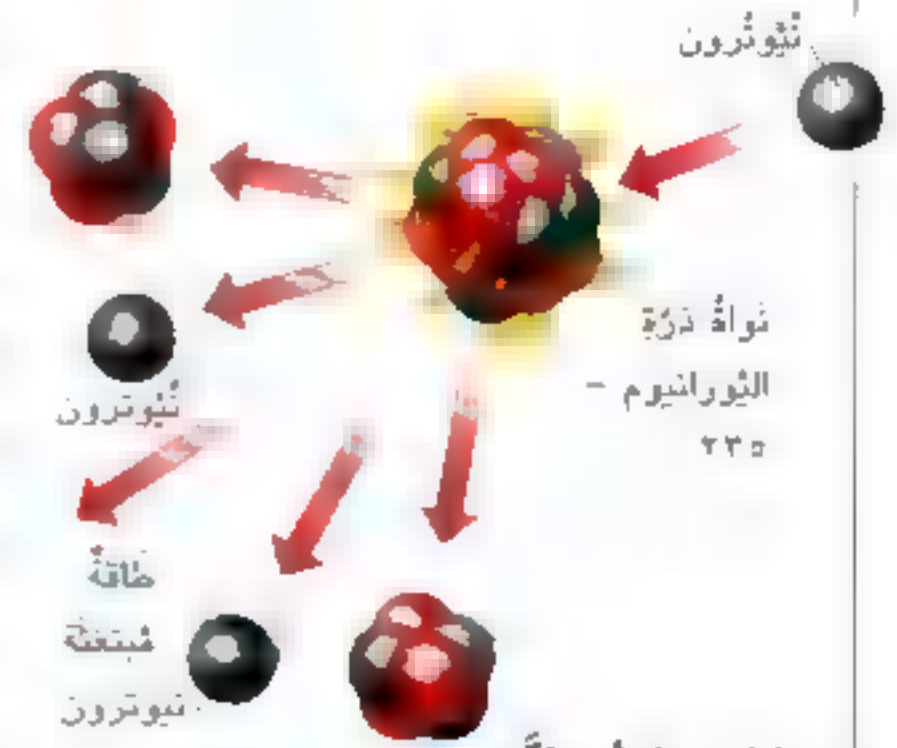
## لمزيد من المعلومات انظر

- الطاقة النووية ص ١٣٦
- المحركات ص ١٤٣
- الخلايا والبطاريات ص ١٥٠
- موارد الكهرباء ص ١٦٠
- الصُّخُور المتخولة ص ٢٢٤
- الأمواج والطر والتيارات ص ٢٣٥
- الجو ص ٢٤٨
- دورات في الغلاف الجوي ص ٣٧٢
- البشر وحيوتهم ص ٣٧٤
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٨



# الطاقة النووية

تحتوي الذرة قدرًا هائلًا من الطاقة - هو طاقة نووية - نتيجة للقوى الشديدة الرابطة بين جسيمات نواتها. وتحدث التفاعلات النووية طبيعيًا، وهي التي تكسب الشمس قدرتها. وقد حاول العلماء تسخير الطاقة النووية، وقد نجحوا بتحقيق ذلك فقط من ذرات بعض العناصر - كالسيوم والبلوتونيوم والديوتيريوم (الهيدروجين الثقيل). إن الطاقة التي يمكن الحصول عليها من كيلوغرام واحد من الديوتيريوم تعادل الطاقة المنتجة من ثلاثة ملايين كيلوغرام من الفحم. هناك طريقتان أساسيتان لإطلاق الطاقة النووية: الانشطار النووي - حيث تنفلق نواة الذرة؛ والاندماج النووي - حيث تندمج نواتا ذرتين أو أكثر.



## الانشطار النووي

نواة الذرة مُحاطة بالكترونات تدور بسرعات هائلة في مدارات مُحددة تولّد غلافًا لا يمكن اختراقه عادة. لكن باستطاعة نيوترون عالي السرعة، مُندفعًا بعنف، اختراق هذا الغلاف لمنضمه النواة. وإذا كانت النواة غير مستقرة، فإنها ستنفلق شظيين، ويُعرف هذا بالانشطار النووي. وينتج عن الانشطار أيضًا نيوترونات جديدة أو ثلاثة تصدم بدورها نوى آخر مسببة تفاعلًا متسلسلاً متعاظماً.



## الإشعاع

في الصورة أعلاه، يُعدّ الغلاف لاستبدال قضيب وقود من قلب المفاعل النووي، وقد عُبر هذا الماء إلى عمق ١٠,٥ م للمحافظة على سلامتهم من الإشعاع. أما الوهج الأزرق فعائد إلى كون الجسيمات المشحونة العالية الطاقة تسير في الماء بسرعة تفوق سرعة الضوء فيه.

يُحاط قلب المفاعل  
بدرع خرساني  
سميك لامتصاص  
الإشعاع.

يُستخدم الماء  
المُغمر في إنتاج  
البخار.

تُغمد قضبان الوقود  
في مادة تُعرف  
بالهدى، تبطّن سرعة  
النيوترونات المُنبعث.

قُرصة من  
اليورانيوم أو  
من ثاني  
أكسيد  
اليورانيوم.

## المفاعل النووي

يحتوي قلب المفاعل النووي  
قضبانًا من اليورانيوم (هي قضبان الوقود)،  
بينها قضبان من البلوتونيوم (هي قضبان  
التحكم) التي بمقدورها امتصاص  
النيوترونات المُنبعث والتحكم بسرعة التفاعل.  
الانشطار النووي يُنتج حرارة تُستخدم في  
تسخين الماء، والبخار الناتج يُستخدم في  
تدوير تربينات المُولدات الكهربائية.

يوجد في قلب  
المفاعل قرابة ٩٠  
الفا من قضبان  
الوقود.

يدور مائع في قلب المفاعل  
لنقل الحرارة الناتجة عن  
الانشطار النووي.

يُوجه البخار في أنابيب لإدارة  
تربينات المُولدات  
الكهربائية.

## الثقبات النووية

قضبان الوقود في مفاعل نووي تُستهلك بعد حين وينبغي استبدالها. وهي ثقبات خطيرة عالية الإشعاعية. والثقبات النووية تبقى ذات فاعلية إشعاعية حتى بعد ٢٥,٠٠٠ سنة، ويجب التخلص منها بعناية شديدة. ويمكن تخزينها مغمورة في خزانات من الفولاذ الذي لا يصدأ، مُحاطة بالخرسانة. أما الثقبات الأكثر خطورة فتُحصر داخل كُتل زجاجية يُخلط لتخزينها عميقًا في مناجم مهجورة تحت الأرض.

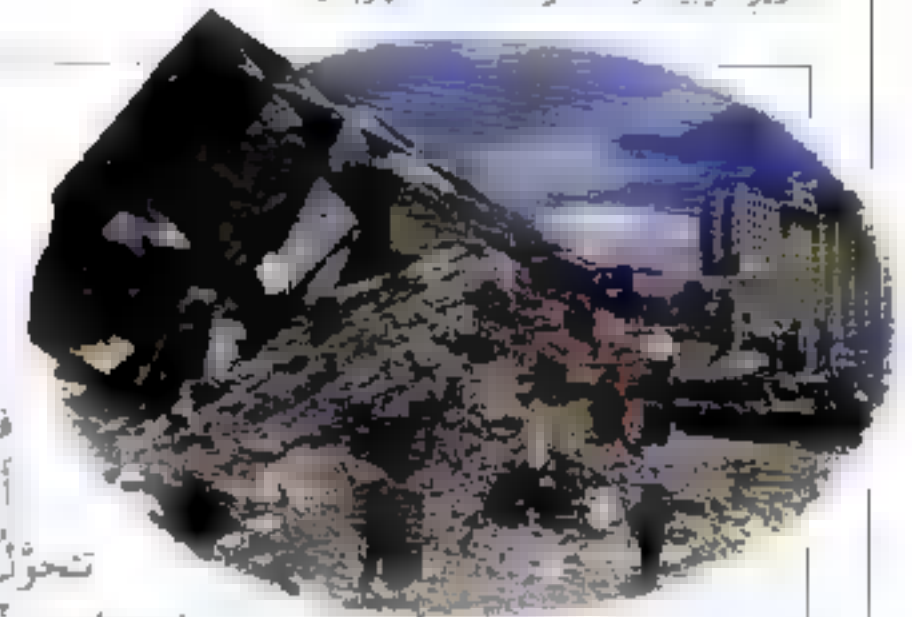


## تحويل الكتلة إلى طاقة

كتلة التواتج في تفاعل نووي أقل من الكتلة البدئية للمفاعلات - يعني أنّ جزءًا من الكتلة يتلاشى في التفاعل. وقد بين أينشتاين أن الكتلة المتلاشية تتحول إلى طاقة بمقتضى المعادلة:

$$E = mc^2$$

الناتجة، «ك» الكتلة المتلاشية، و «س» سرعة الضوء. وحيث إنّ قيمة «س» كبيرة جدًا، فإنّ النقص الكتلي الضئيل يُولّد كمية هائلة من الطاقة. إنّ تحويل كيلوغرام واحد من المادة إلى طاقة ينتج ما يعادل طاقة زلزال شديد كالذي حصل في مدينة مكسيكو عام ١٩٨٥ وأحدث دمارًا فادحًا كما ترى في الصورة.





## الأسلحة النووية

تكتسب القنبلة الذرية طاقتها من الانشطار النووي اللامحكوم. فإذا جمعت كميات من نظير اليورانيوم - 235 أو نظير البلوتونيوم - 239 معاً لتكوين كتلة فوق الحرجة يحدث الانفجار. أما القنبلة الهيدروجينية فتكتسب طاقتها من الاندماج النووي وهي في الواقع قنبلة ذرية مُحاطة بالديوتريوم. فعندما تنفجر القنبلة الداخلية، تولد درجة حرارة هائلة تجعل نوى الديوتريوم تندمج بطاقة أعظم. في الصورة المقابلة منظر لمدينة هيروشيما في اليابان بعدما أسقطت عليها قنبلة ذرية عام 1945.



## تشخير الاندماج النووي

حتى الآن، لمّا يُستخدم الاندماج النووي عملياً على الأرض للحصول على الطاقة. معظم الأبحاث الاندماجية النووية تستخدم مكنة تُسمى «توكاماك» وهي نظم وغاء حلقاً يحوي الغاز المراد تدميجه على شكل بلازما. ويجب إحماء البلازما إلى درجة حرارة تبلغ عدة ملايين من الدرجات قبل إحداث الاندماج. وحيث إنه ليس باستطاعة أي وعاء احتمال درجات الحرارة هذه تُستخدم مجالات مغناطيسية لحصر البلازما بعيداً عن جدران الوعاء.

## الطاقة النووية

1905 بين الفيزيائي الألماني ألبرت أينشتاين أنه يمكن تحويل الكتلة إلى طاقة.

1919 أعلن الفيزيائي البريطاني آرست رذرفورد عن فلفه لنواة ذرة الهيدروجين.

1939 أعلن العالمان الألمانيان أوتو هاهن وفرنر ستراسمان اكتشاف الانشطار النووي.

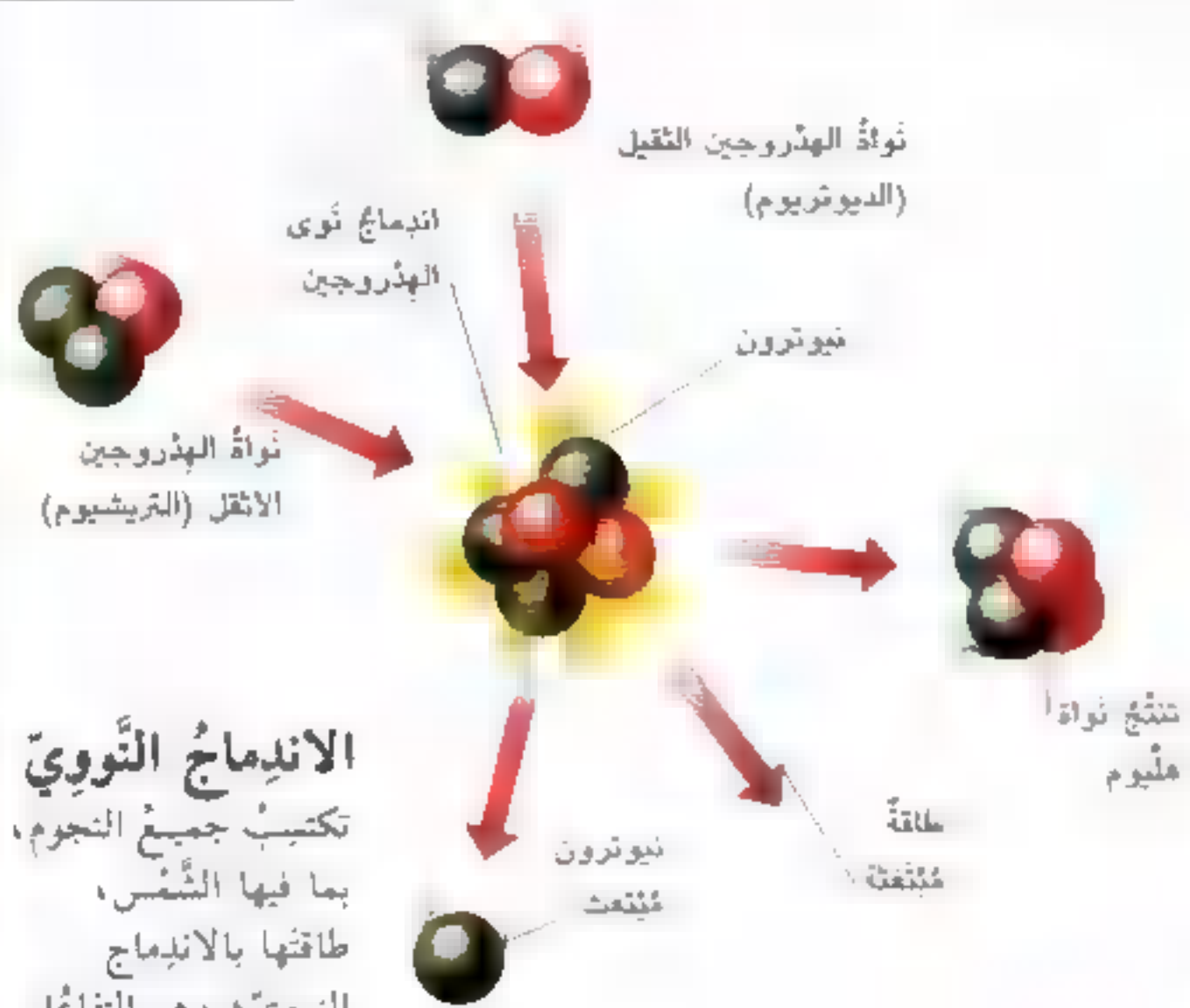
1942 بنى الإيطالي، أنريكو فرمي، أول مُفاعل نووي في جامعة شيكاغو بالولايات المتحدة.

1951 توليد كهرباء بالطاقة النووية لأول مرة بواسطة مُفاعل مُؤلد اختبائي في أيداهو، بالولايات المتحدة.

1956 بدأت أول محطة قدرة نووية تجارية بالعمل في كالدر هول، بإنجلترا.

1959 انفجار مُفاعل شرنوبيل، بروسيا، أطلق سُحباً من المواد المشعة وصلت إلى أسوج.

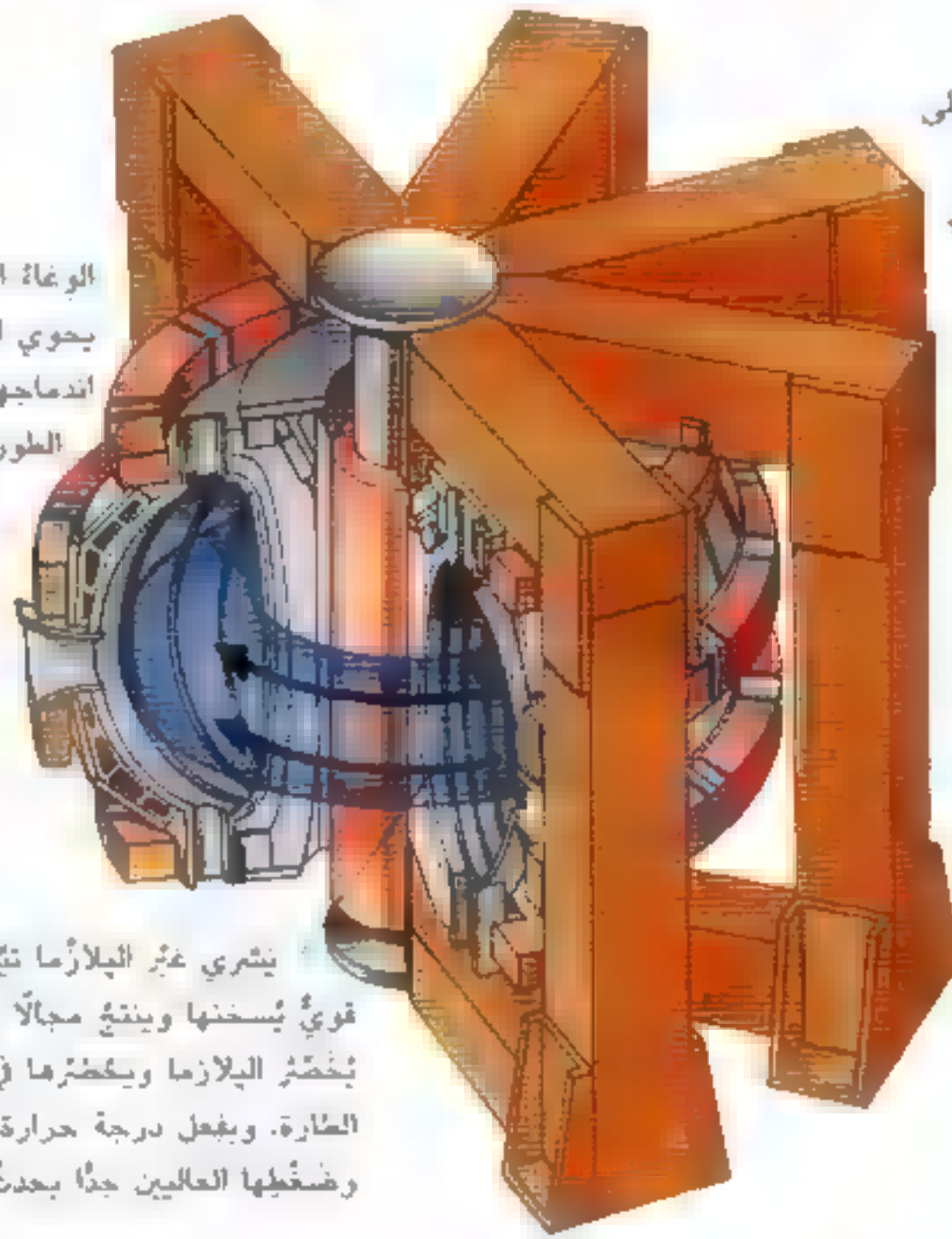
1991 أول اندماج نووي مُتحكم به في مختبر جت (الطوروس الأوروبي المشترك) في أكسفورد، بإنجلترا.



## الاندماج النووي

تكتسب جميع النجوم، بما فيها الشمس، طاقتها بالاندماج النووي وهو التفاعل الذي تندمج فيه نواتان أو أكثر. ففي الشمس مثلاً، تندمج نوى الهيدروجين لإنتاج نوى الهليوم، والنقص الكتلي في هذه العملية يتحول إلى طاقة.

الوعاء الخلفي الذي يحوي البلازما المراد اندماجها يُسمى الطوروس «الطارة».



## مُسارع الاندماج

وتبذل جهود أخرى لإنتاج اندماج نووي مُتحكم في مكنات تسمى مُسارعات الحزم الجسيمية التي يُعتبر مُسارع ألوكيركه، بالولايات المتحدة أعظمها قدرة. هذا المُسارع، المُركّز في خزّان ماء، يُوجّه نبضة كهربائية قدرتها 100 ترليون واط نحو كرتية من غاز الديوتريوم بحجم حبة الببلي. عند إطلاق الحزمة يغير سطح الماء سرر كهربائية تُحمي الغاز إلى ملايين درجات الحرارة ليضعة أجزاء البليون من الثانية - وهي بُعد غير كافية لبدء تفاعل الاندماج، لكنّ البحث والتجارب مُستمرة.



## ليز مايثتر

عملت ليز مايثتر (1878-1968)، النمساوية المولد، في برلين منذ العام 1907 مع الفيزيائي الألماني أوتو هاهن. وفي عام 1938، اضطرت للفرار من المُحكم النازي إلى أسوج، وبعد مضي بضعة أشهر على وجودها في أسوج، أعلمها هاهن عن بعض نتائج مُحيرة، توصل إليها في إحدى التجارب مع ألماني آخر هو فرنر ستراسمان. فأدركت مايثتر أنّ هاهن قد حقّق قلق نواة اليورانيوم أي إنه اكتشف الانشطار النووي. وعندما أعلن هاهن الاكتشاف، لم يُشر إلا بقليل من الفضل لفطنة مايثتر ونفاذ بصيرتها. وفي عام 1944، مُنح هاهن جائزة نوبل، دون أن تقاسمه مايثتر ذلك الشرف.

## لمزيد من المعلومات انظر

- البنية الذرية ص 24
- النشاط الإشعاعي ص 26
- السرعة ص 118
- مُصادر الطاقة ص 134
- تحوّلات الطاقة ص 138
- الكهرباء الثابتة ص 148
- المغناطيسية ص 154
- النجوم ص 278
- حقائق ومعلومات ص 408



# تحوّلات الطاقة

في التفريغ الكهربائي تتحوّل الطاقة الكهربائية بمشهدٍ مُثيرٍ إلى طاقة صوتية وصوتية وحرارية. والواقع أنّ تحوّل الطاقة من شكلٍ إلى آخر جاريةٌ حولنا باستمرار. فعندما تضغطُ زرّاً كهربائياً، تتحوّل الطاقة الكهربائية فوراً إلى طاقة صوتية وحرارية. واليراعة (يرقانة الحُباب) تُحوّل الطاقة الكيميائية في غذائها إلى طاقة صوتية وإلى طاقة حركية عند الحاجة. وأنت حين ترفعُ جسمًا ثقيلًا، تتحوّل الطاقة الكيميائية في عضلاتك إلى طاقة كامنة في الجسم المرفوع. فكلّما ازداد الشغل المبذول، تزداد الطاقة المحوّلّة.



## تغيّرات الطاقة

في القوس المشدودة طاقة مرونة كامنة، كما في نابض مضغوط، فحين يُنبّه القوس، تتحوّل الطاقة الكامنة فيه إلى طاقة حركية في السهم المنطلق. وعندما يصيب السهم الهدف، نشع زلّة؛ لقد تحوّلت طاقته الحركية إلى طاقة صوتية، وقليل من الطاقة الحرارية. الجدارية المصرية أعلاه تُمثّل الفرعون رئيس الثاني.

في ساعة المنبه، تتحوّل الطاقة الكامنة في الزنبرك المشدود لقا إلى طاقة حركية في غيار المنبه، وإلى طاقة صوتية في نكاته. وبطل المنبه يعمل حتى فقدان الطاقة الكامنة في زنبركه.



إذا أكلت خُرْدًا، تنتقل الطاقة الكيميائية المخزونة فيها إلى جسمك، وتستخدم في أنشطة عديدة كالتنفّس والحركة. وفي تدويرك ساعة المنبه، تنتقل الطاقة الكيميائية هذه إلى طاقة مرونة كامنة في زنبرك المنبه.



أوراق الخبز الخضراء تُحوّل طاقة الشمس الضوئية إلى طاقة كيميائية في سكر الخبز بالتخليق الضوئي.



تطلق بقية طاقة السهم الناري الكيميائية كطاقة صوتية وضوئية عندما ينفجر في الجو.

## سلسلة طاقة

هل تدري أنّ ساعة المنبه، في حقيقة الأمر، تستمد قدرتها من الشمس؟ إنّ الطاقة نادرًا ما تتحوّل مباشرة من شكلها الأولي إلى شكلها النهائي؛ بل تمرّ عادة في سلسلة من التحوّلات. فطاقة الشمس تُنمي الغذاء؛ وبتناولنا هذا الغذاء نُخلّق مخزونًا من الطاقة الكيميائية، في أجسامنا، يُمكننا استخدام بعضها في تدوير ساعة المنبه. وهذا يُكسب المنبه طاقة كامنة يُحوّلها بدوره إلى حركية وطاقة صوتية.

السهم الناري، قبل إطلاقه، يحوي كمية كبيرة من الطاقة الكيميائية، لكن لا طاقة وضع. عند إشعال السهم الناري ينبعث منه دفق من الغازات الحارة إلى أسفل مما يدفعه بقوة رد الفعل، إلى أعلى.

السهم الناري المنطلق إلى أعلى، فيه، إلى جانب طاقتي الحركة والوضع، طاقة كيميائية. وكلّما ارتفع تزايد طاقته الكامنة، لكن ينخفض مخزونُه من الطاقة الكيميائية باحتراق الوقود فيه.

## طاقة المتفجرات

المتفجرات مخزونات عالية القدرة من الطاقة الكيميائية. وهي لا تحوي بالضرورة طاقة أكثر من غيرها من المواد لكنها تتميز بقدرتها على إطلاق هذه الطاقة بسرعة فائقة. الأشهر النارية تحوي مُتفجرات؛ فعندما يُشعل الصاروخ منها، يرتفع في الجو ثم ينفجر في غرض يبيع الألوان. فالطاقة الكيميائية في المواد المتفجرة تحوّل إلى طاقة حركية وحرارية وضوئية وصوتية.

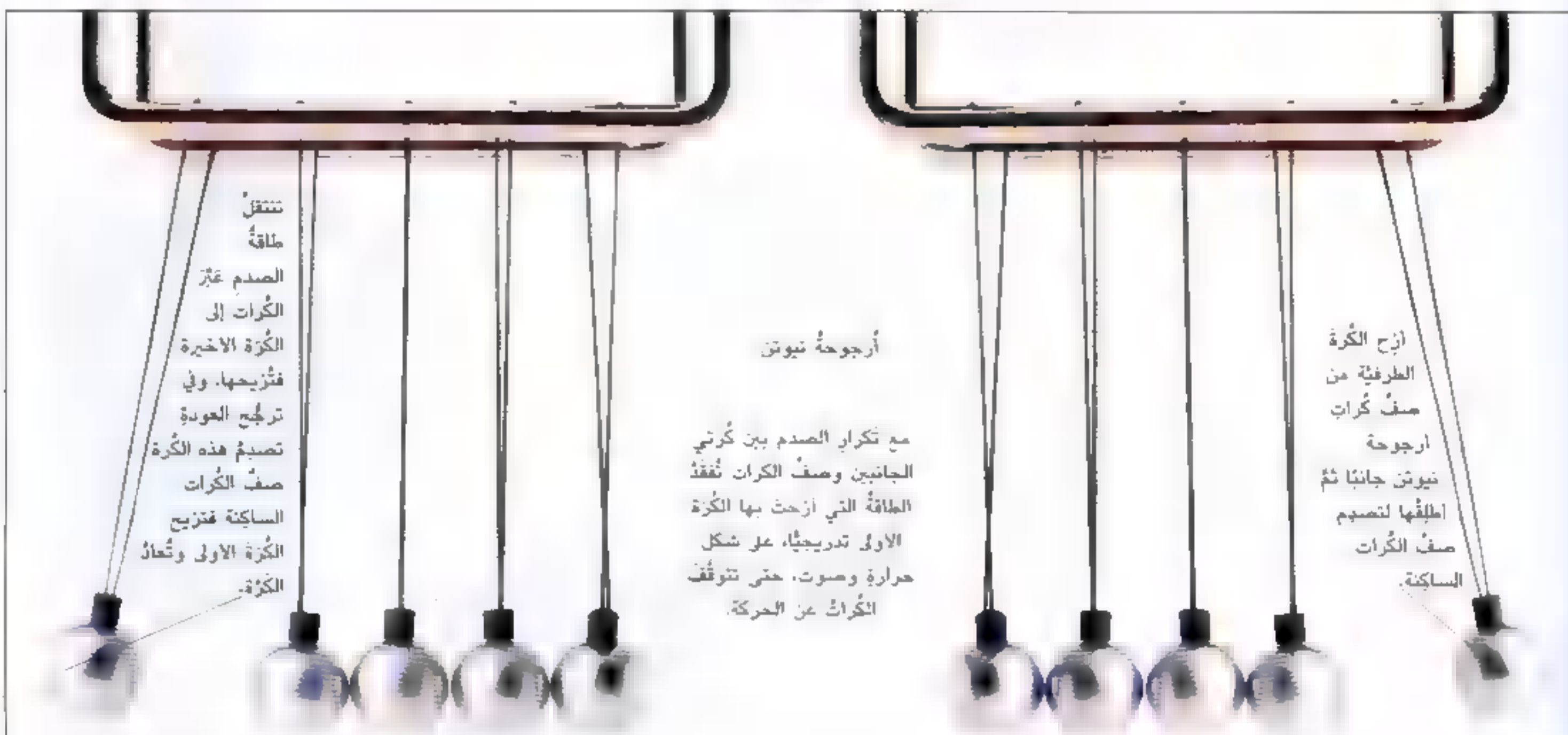


## اللورد كلفن

وليم طومسون (1824-1907)، رياضي وفيزيائي بريطاني، وُلِد في بلفاست بإيرلندا الشمالية. دخل جامعة غلاسغو في العاشرة من عمره وأصبح أستاذًا في الثانية والعشرين. أسهم في تأسيس علم الديناميَّات الحرارية، فأرسي علاقات مُحَدَّدة بين الحرارة والشغل والطاقة. كما اخترع مقياس درجة الحرارة المطلقة - مقياس كلفن - وحقق اكتشافات مهمة في مجالي الكهرباء والمغناطيسية. حظي بتكريم الملكة فيكتوريا فأصبح لقبه اللورد كلفن.







تنتقل  
طاقة  
الصدم غير  
الكرات إلى  
الكرة الأخيرة  
فتزججها. وفي  
ترجيع العودة  
تصدم هذه الكرة  
صف الكرات  
السائكة فتزجج  
الكرة الأولى وتعاود  
الكرة.

### أرجوحة نيوتن

مع تكرار الصدم بين كرتي  
الجانبين وصف الكرات تُفقد  
الطاقة التي أُرحت بها الكرة  
الأولى تدريجيًا، على شكل  
حرارة وصوت، حتى تتوقف  
الكرات عن الحركة.

أزاح الكرة  
الطرفية من  
صف كرات  
أرجوحة  
نيوتن جانبًا ثم  
أطلقها لتصدم  
صف الكرات  
السائكة.

### بقاء الطاقة

من المبادئ الفيزيائية الأساسية أن الطاقة لا تُخلق ولا تُفنى، إنما هي تتحول (أو تُحول) من شكل إلى آخر. وخلال عملية التحول هذه يتبدل بعض الطاقة كحرارة - بحيث يبقى مجمل الطاقة الناتج (مع الحرارة المبددة) مساويًا للطاقة المحولة (أو المتحولة). ويمثل هذا المبدأ في أرجوحة نيوتن حيث يضيع بعض الطاقة، كصوت وحرارة، تدريجيًا، بينما نستمر كرات الجانبين بالترجيع المتناقص والصدم لفترة حتى تتوقف عن الحركة.

### الحركة الدائمة

حاول الكثيرون على مر الزمن تصميم  
مكنات تعمل باستمرار دون مصدر  
للطاقة - أي مكينات دائمة الحركة،  
وهو حلم يستحيل تحقيقه، فلا بُد لأي  
مكنة حقيقية من مصدر طاقة دائم،  
وليس هذا فقط، بل إن طاقة الدخول  
في أي مكنة هي دائمًا أكبر من طاقة  
خرجها.



عام ١٨٢٤ اقترح أحداهم تصميمًا  
لمكنة دائمة الحركة - على افتراض أن  
تقل الكرات المتحركة على امتداد الأذرع  
سيفني الدورات دائمًا باستمرار.

### الطاقة المفيدة

يُبدد الفطائر البخاري بعض الطاقة الحرارية غير  
مُختصة، ومن الغير استخدام هذه الطاقة  
لتشغيل شيء آخر. فالحرارة المبددة  
طاقة عديمة الجدوى وخفيضة  
النوعية. بالمقارنة فإن الطاقة  
الكهربائية طاقة مُجدية وعالية  
النوعية. والمعروف أنه كلما تغير  
شكل الطاقة فإن بعض الطاقة العالية  
النوعية يضيع. وهذا يعني أن كمية الطاقة  
المُجدية في الكون هي دومًا في انخفاض.



الفرد العادي يستهلك طاقة  
شبيهة لإحماء الكف أو الحفلة.



فرد الامواج الصغرية  
(الميكروويف) لا يُبدد طاقة في إحماء  
الطبق، فهو يُسخن الطعام فقط.

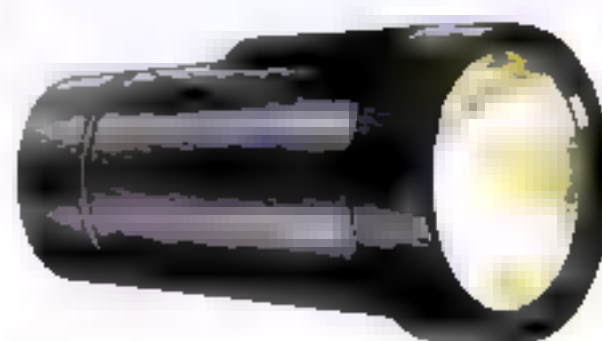


### توفير الطاقة

يجب علينا المحافظة على مصادر الطاقة العالية  
النوعية، كالكهرباء والنفط والغاز الطبيعي  
والنفط، لأن مواردها محدودة. فاستخدام فرد  
الامواج الصغرية (الميكروويف) مثلاً، يوفر  
الطاقة لأنه يستهلك طاقة أقل من الفرد العادي  
في إنضاج الطعام، والمُتزلج الجيد العزل  
الحراري يُدقق بكمية وقود أقل، وصيانة المكنات  
جيدًا كفيلة بجعلها تعمل بكفاءتها القصوى.

### كفاية (مرئود) الطاقة

عندما نستخدم شكلًا من أشكال الطاقة للقيام بشغل  
ما، يتبدل جزء من الطاقة دائمًا على شكل حرارة  
غالبًا. فصمجة الثور مثلاً لا تُحول من الطاقة التي  
نستهلكها إلى طاقة صوتية إلا قرابة ٥ بالمئة فقط،  
والباقي يتحول إلى طاقة حرارية مهدورة. لذا نقول إن  
كفاية الصمجة هي ٥ بالمئة. والواقع، أنه لا يمكن  
لأي مُحول طاقة أن تكون كفايته ١٠٠ بالمئة.



البطاريات الجافة، كذلك المستخدمة  
في مصباح الجيب، تبدد  
١٠ بالمئة فقط من  
محتواها الطاقوي.



صمجة المصباح الكهربائي  
تبدد ٩٥ بالمئة من الطاقة  
التي تستهلكها.

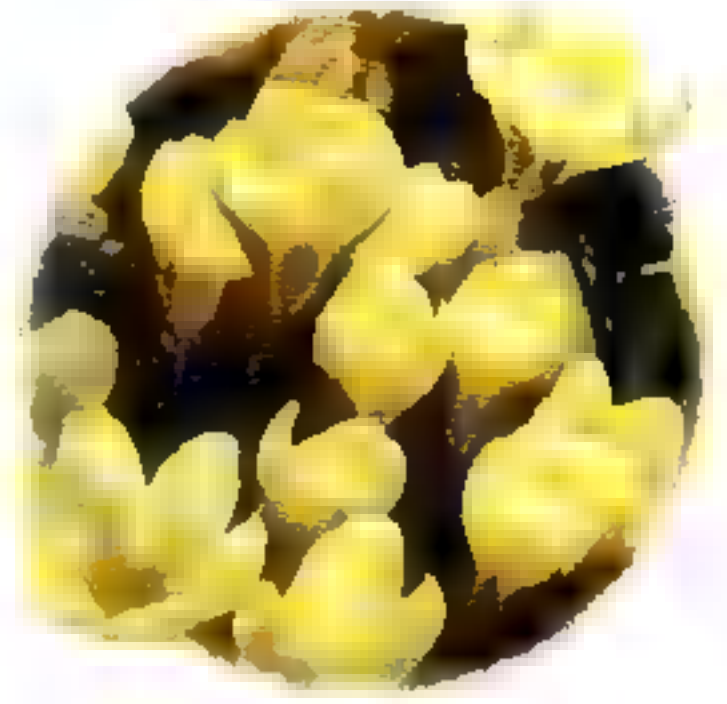
### مزيد من المعلومات انظر

- التفاعلات الكيميائية ص ٥٢
- الشغل والطاقة ص ١٣٢
- مصادر الطاقة ص ١٣٤
- الطاقة النووية ص ١٣٦
- الحرارة ص ١٤٠
- الكهرباء والتيار ص ١٤٨
- الرعد والبرق ص ٢٥٧
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٨



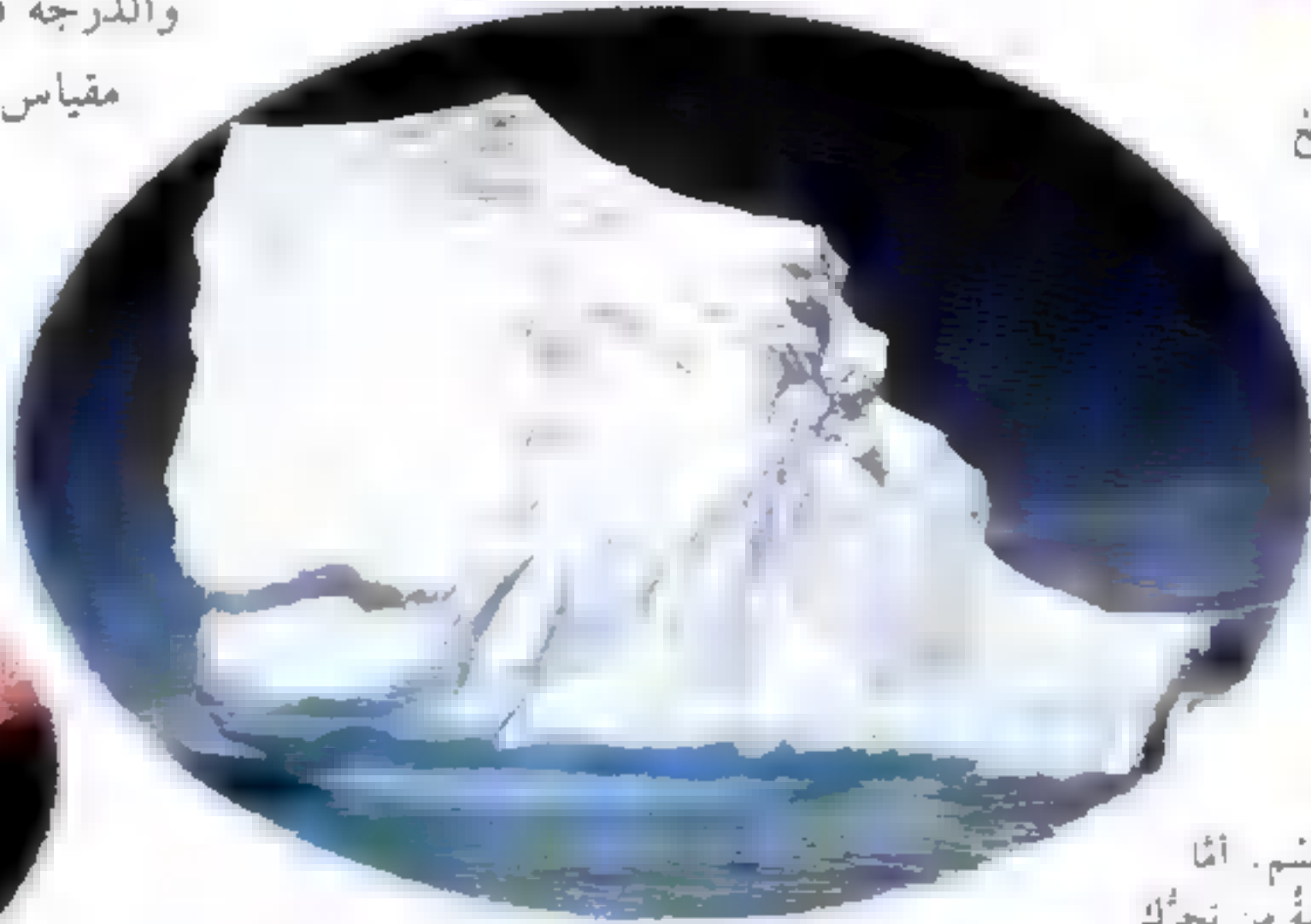
# الحرارة

كم درجة الحرارة اليوم؟ للإجابة عن هذا السؤال بدقة، يلزمك ترمومتر - أي ميزان حرارة لقياس ذلك. جميع الترمومترات مدرجة بمقاييس تستخدم نقطتين ثابتتين هما: درجة حرارة انصهار الجليد، ودرجة حرارة غليان الماء على ضغط جوي عياري. هنالك ثلاثة مقاييس مهمة لدرجة الحرارة هي: مقياس سيلسيوس ومقياس فهرنهايت والمقياس المطلق أو مقياس كلفن. فدرجة انصهار الجليد على مقياس سيلسيوس هي صفر° س، ودرجة غليان الماء ١٠٠° س. على مقياس فهرنهايت، درجة انصهار الجليد هي ٣٢° ف ودرجة غليان الماء ٢١٢° ف. أما مقياس كلفن فيبدأ من أدنى درجة حرارة ممكنة نظرياً، وهي درجة الصفر المطلق؛ والدرجة فيه مساوية قدرًا للدرجة في مقياس سيلسيوس.



## الترمومترات الطبيعية

أزهار الزعفران ترمومترات طبيعية تفتتح وتغلق عند ارتفاع درجة الحرارة وانخفاضها. وهي دقيقة للغاية، إذ تتأثر بفروق ضئيلة في درجة الحرارة تبلغ ٠.٥° س.

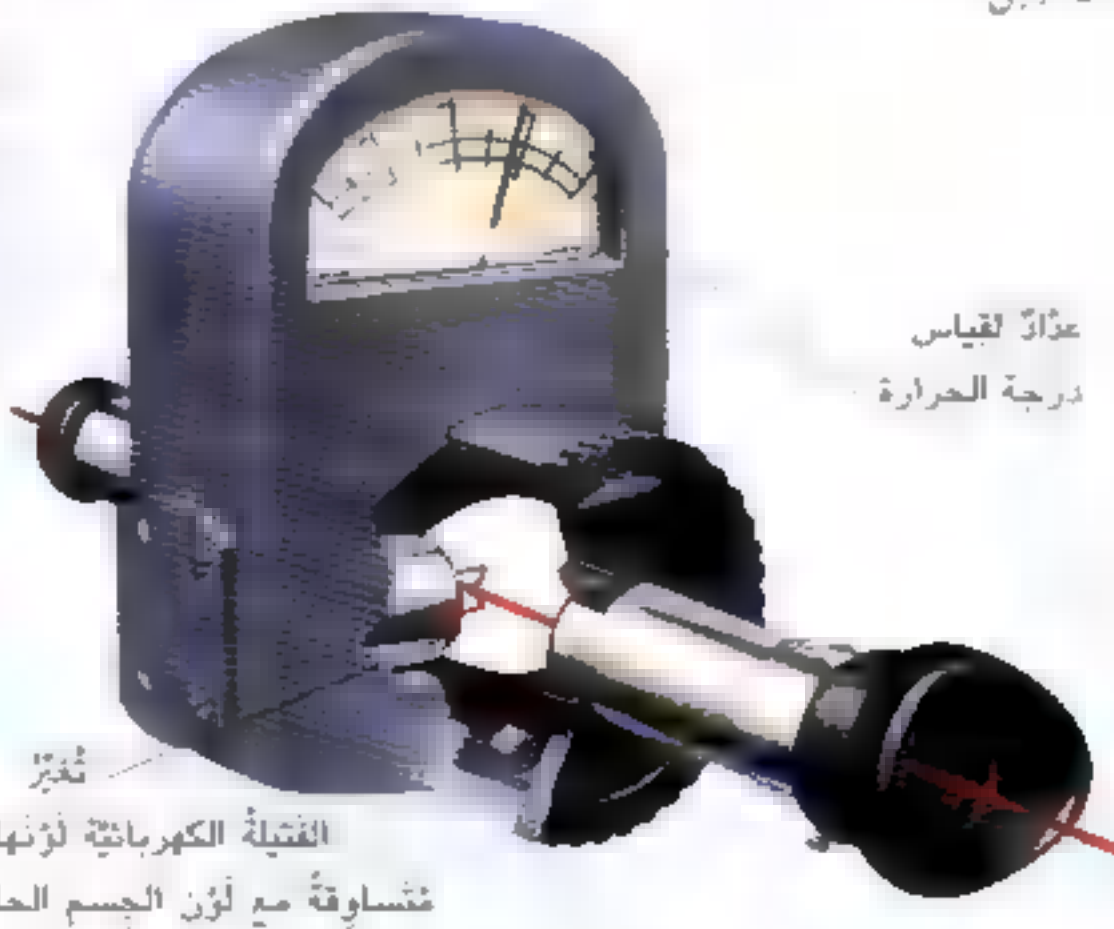


## الحرارة ودرجة الحرارة

هناك فرق بين الحرارة ودرجة الحرارة. فدرجة الحرارة هي مقياس لدرجة تحريك جزيئات الجسم. أما الحرارة فهي طاقة الجسم المكتسبة من تحريك جزيئاته. هناك كمية من الحرارة في جبل جليدي، مثلاً، أكثر بكثير مما في كوب ماء حار، بالرغم من درجة حرارته العالية؛ لأنّ جبل الجليد، رغم أنّه أبرد، فهو أكبر بكثير.

## الصخور المنصهرة

اللاابة المنبثة من البراكين هي صخور منصهرة درجة حرارتها تقارب ٦٠٠° س. الصورة أعلاه ليركاني في جزيرة هاواي بالمحيط الهادئ.



عداد لقياس درجة الحرارة

تغير القليلة الكهربائية لونها متساوية مع لون الجسم الحار.

## قياس درجات الحرارة العالية

يستخدم الترمومتر في قياس درجات الحرارة العالية جداً كدرجة حرارة اللابة المنبثة من البراكين، أو درجة الحرارة داخل فرن صناعة الزجاج. بيرومتر لغطه يوانية تعني قياس النار. تتوهج الأشياء بألوان مختلفة حسب درجة حرارتها. ويحوي البيرومتر فتيلة كهربائية يسخنها تيار كهربائي حتى يساوي لونها مع لون الجسم المتوهج. ثم تقاس درجة الحرارة بقياس هذا التيار.

## ترموتر الكبس

ترتّب جزيئات البلورات السائلة في صفوف منتظمة كما في البلورات الجامدة لكنها تتساق كاشاتل. بعض هذه البلورات يتغير لونها تبعاً لدرجة الحرارة، فيستخدم في ترمومترات شريطية لأخذ درجة حرارة الأولاد والأطفال. فالحرارة تعيد ترتيب الجزيئات فيسرّة بذلك مرور الضوء عبر الشاتل فتوهج بلون مختلف تبعاً لدرجة حرارة الزد.

## غبريال فرنهيت وأندرز سيلسيوس

غبريال فانيال فرنهيت (١٦٨٦-١٧٣٦) اخترع الترمومتر المعروف باسمه. وهو فيزيائي ألماني استقر في أمستردام بهولندا، وأتمهن صناعة الآلات. أما



اندرز سيلسيوس

اندرز سيلسيوس (١٧٠١-١٧٤٤) فقد اخترع المقياس المعروف باسمه، والمتميز بالمدى المتوي التدريج لقياس الفرق بين نقطتي تجمد الماء وغليانه. كان سيلسيوس أستاذاً لعلم الفلك في أيسلأ بأسوج؛ وكان الشفق الشمالي (الأضواء القطبية الشمالية) موضوعه المفضل.



## تأثيرات الحرارة

تمتدّد معظم المواد بالتسخين وتقلّص عندما تبرد. فالجسر الفولاذي الذي طوله ١٤٠٠ م في الشتاء يزداد طوله بحوالي نصف متر في الصيف. عندما تسخن المادة نكتسب طاقة تجعل جزيئاتها تتحرك بسرعة أكبر وأبعد، فتشغل المادة حيزًا أكبر. وعند تغيير درجة الحرارة بما فيه الكفاية، تتحوّل المادة من حالة إلى حالة أخرى. فإذا سخّن جامدًا إلى درجة حرارة انصهاره، فإنه يتسبّل؛ وإذا سخّن سائلًا إلى درجة حرارة عالية بما فيه الكفاية فإنه يغلي ويتحوّل إلى غاز أو بخار.

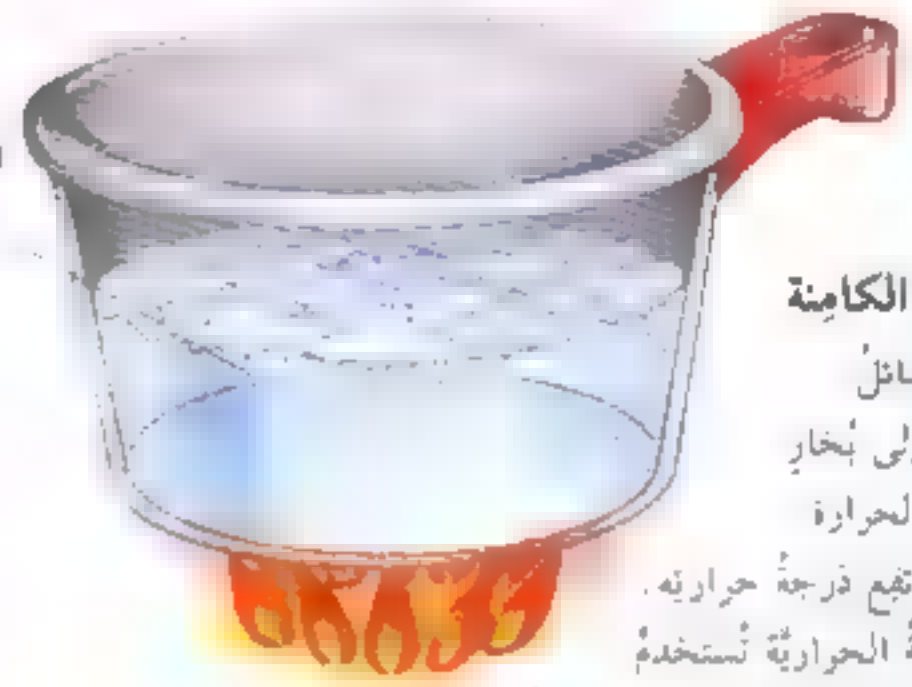


### تمتدّد الغازات

تمتدّد الغازات حوالي ١٠٠٠ مرة أكثر من الجوامد و ١٠ إلى ١٠٠ مرة أكثر من السوائل. فإذا تضاعفت درجة حرارة الغاز المطلقة، تضاعفت حجمه. القنبلة أعلاه ملئت إلى نصفها بالماء البارد وسُدت بإحكام، ثم سُخّنت بين راحتي الكفين؛ فتمتدّد الهواء في داخلها دافعا الماء صعدًا في الأنبوب.

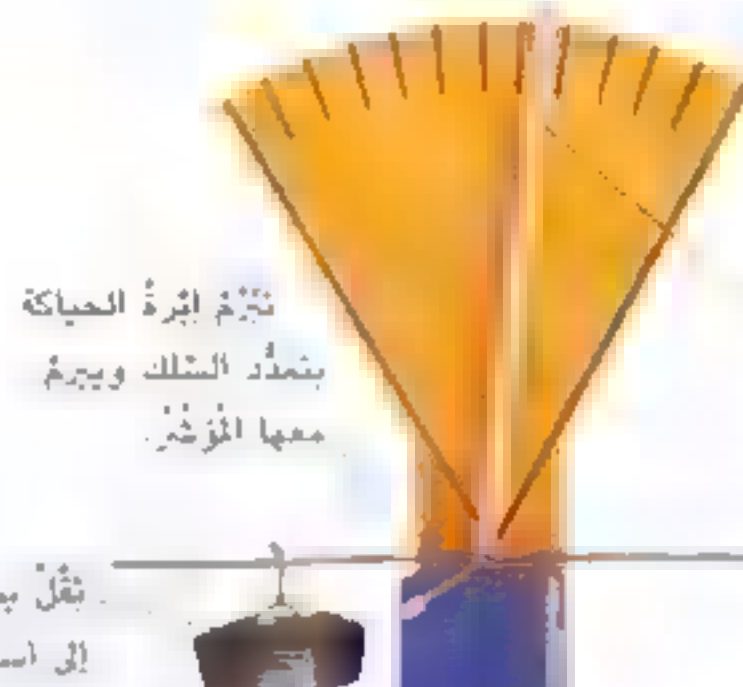
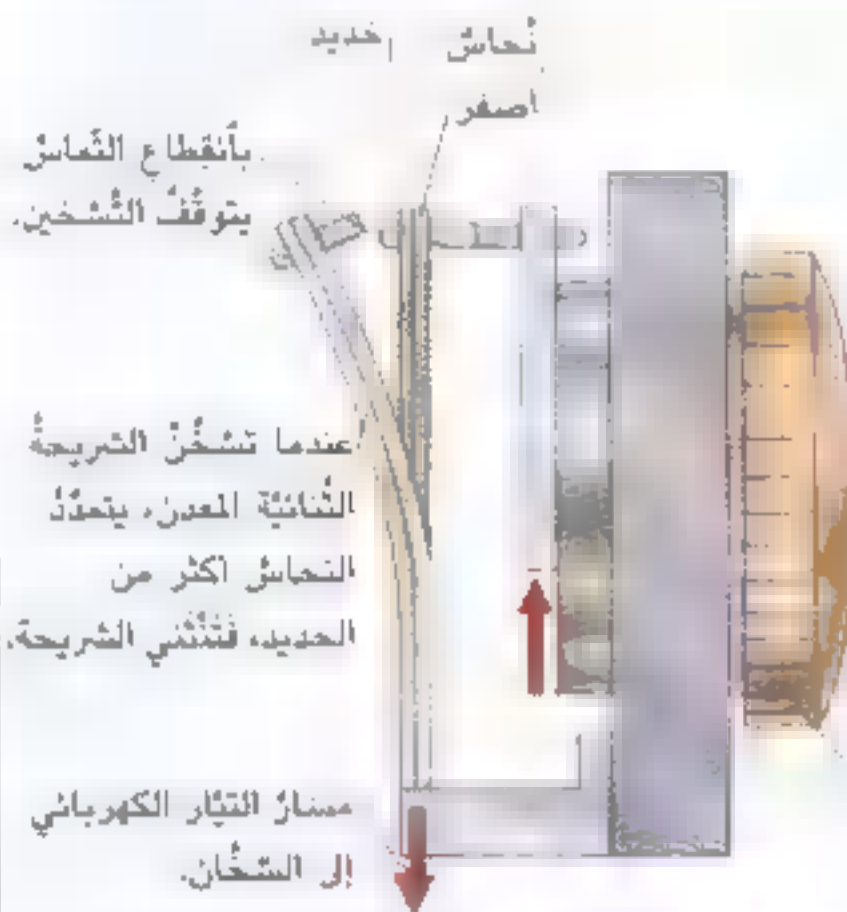


لا ترتفع درجة حرارة الماء أثناء الغليان بالرغم من متابعة التسخين.



### الحرارة الكامنة

يمتصّ السائل المنحول إلى بخار كمية من الحرارة دون أن ترتفع درجة حرارته. هذه الطاقة الحرارية تُستخدم في تحويل السائل إلى بخار وتختزن فيه وتُعرف بالحرارة الكامنة. وعندما يتكثف البخار إلى سائل، تُطلق الحرارة الكامنة، فتسخّن الوسط المحيط. كذلك تمتصّ الحرارة الكامنة أيضًا عندما يتصلّب الجامد، وتُطلق عندما يتجمّد السائل.



ينحرف المؤشر على المقياس المدرج.

لهب الشموع يُسخّن السلك.

طرف السلك مثبت بإحكام في كتلة خشبية.

ناظم الحرارة

مقياس التمدّد  
تسخّن الشموع جانبًا من السلك التخين فيتمدّد - دافعا إبرة الحياكة على محورها، والإبرة بدورها تحرك المؤشر على المقياس المدرج.

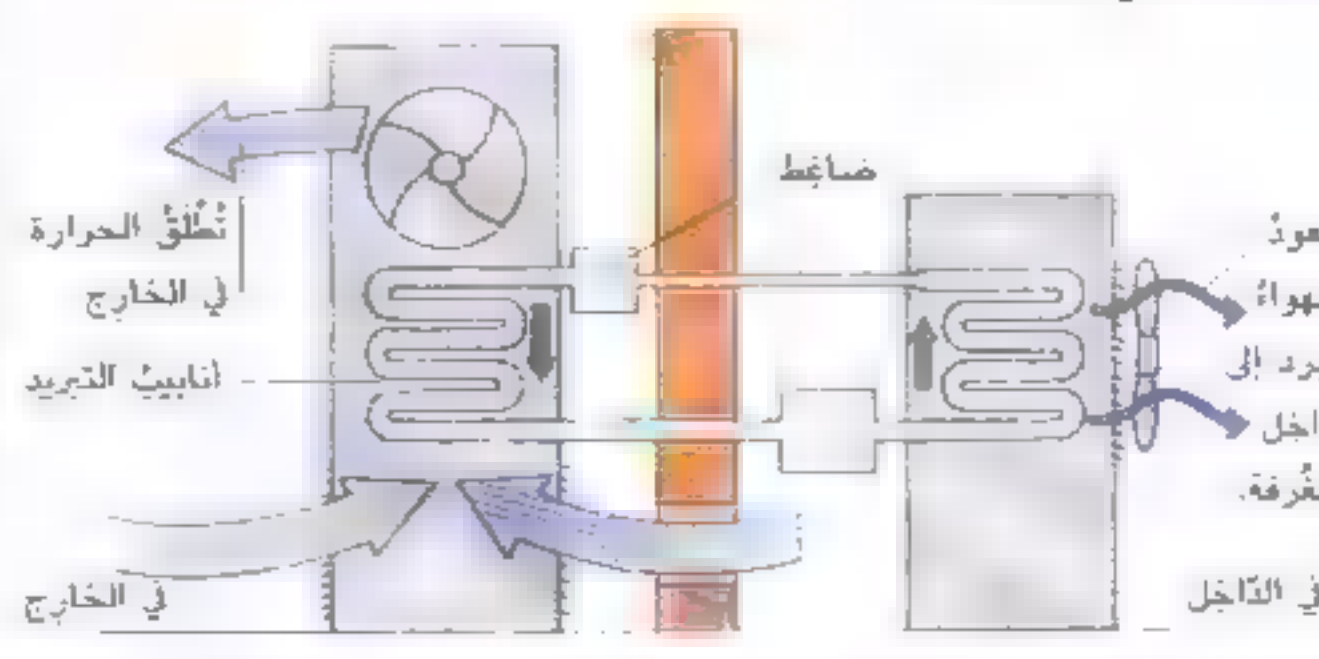
### تمتدّد متباين

تمتدّد الفلزات بمتعدلات مختلفة، وتُستخدم هذه الظاهرة في تشغيل الترموستات التي تُثبت درجة الحرارة. يحوي الترموستات شريحة ثنائية المعدن - غالبًا من النحاس الأصفر والحديد. في ترموستات التدفئة، تنثني الشريحة بالاحماء، فتقطع التماس الكهربائي عندما تبلغ درجة حرارة الغرفة الدرجة المطلوبة.

لمزيد من المعلومات انظر
تغيرات الحالة ص ٢٠
النظرية الحركية ص ٥٠
سلوك الغازات ص ٥١
الألوان ص ٢٠٢
التيار الكهربائي ص ٢١٦
حقائق ومعلومات ص ٤٠٨

### مكيف الهواء

مكيف الهواء يبرّد بفعل التبخر؛ فيسمح للسائل المبرّد بالتبخر متحوّلًا إلى غاز داخل أنابيب التبريد. ويمتصّ المبرّد حرارة تتحرّج من الهواء الذي تسخّنه المروحة من الغرفة ليُعَادَ أبرد إليها - في حين يُضغَطُ غاز المبرّد في ضاغط خارج المبنى حتى يتسبّل ثانية، مُطلقًا الحرارة التي امتصّها من الهواء داخل الغرفة.

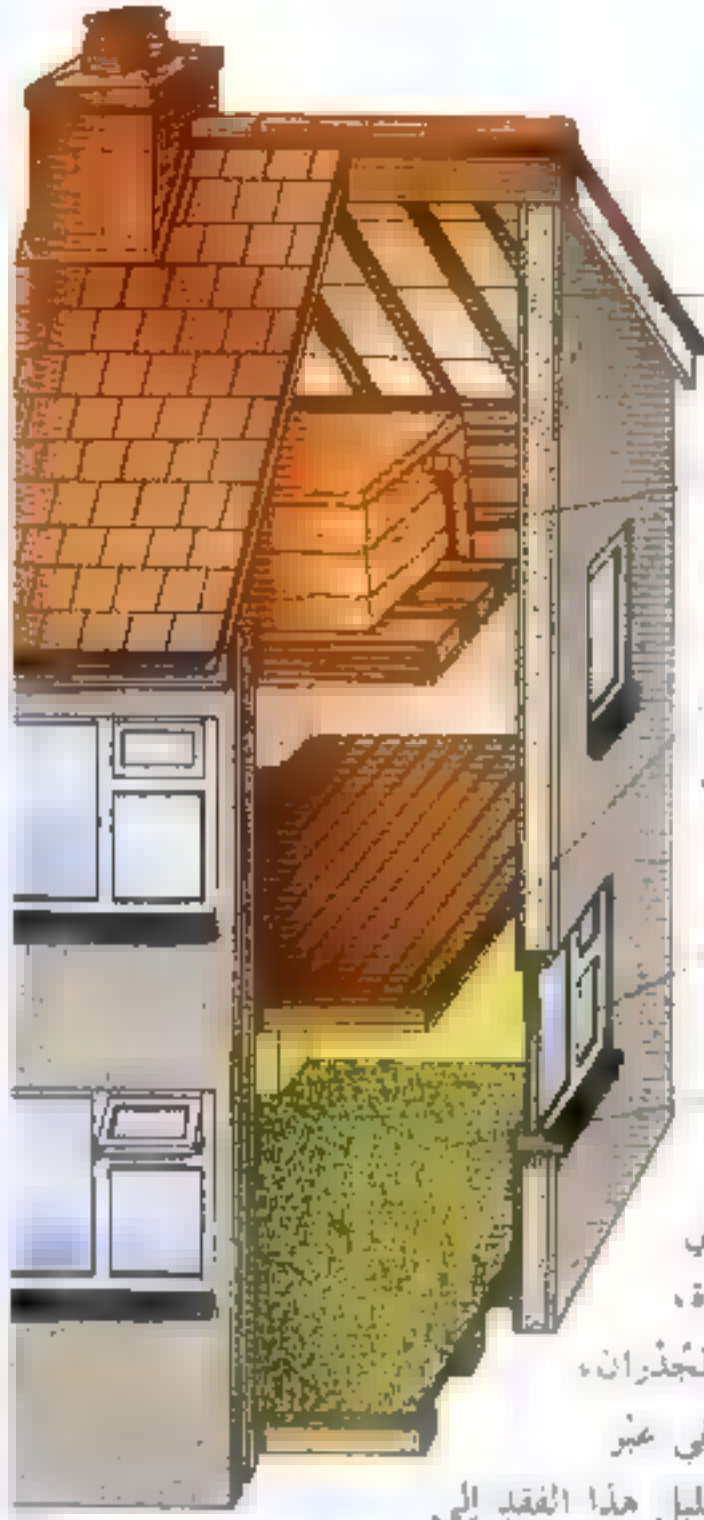


### تخفيف الألم

يعالج هذا الرياضي برذاذًا مُلطّفًا للألم، من مادية سريعة التبخر. وامتصّ الحرارة الكامنة اللازمة للتبخر من يد الرياضي فبرّد، ويخفّ الألم. وبالطريقة نفسها يبرّد الترقق لأن تبخر العرق يمتصّ الحرارة من جسمك.



# انتقال الحرارة



يُحشى فراغ  
الجدار بزغوة  
البوليستيرين  
زجاج ليفي عازل في  
السقف والظلة  
هواء مُختبئ في الفُشحة  
تحت ألواح الأرضية  
هواء مُختبئ بين لوحى  
الزجاج في النوافذ  
المزدوجة الزجاج  
السجاد يغطي  
الأرضية

## توفير الحرارة

الحرارة تسرب من المباني  
بسهولة. تلت هذه الحرارة،  
أو أكثر قليلاً، يُفقد عبر الجدران،  
والزجاج من السقف، والباقي عبر  
النوافذ والأرضيات. ولتقليل هذا الفقد إلى  
الحُد الأدنى، ينبغي تجهيز المباني جيّداً بوسائل العزل الحراري.

إذا كنت على مقربة من نارٍ أو مدفأة، تسري الحرارة إلى جسدك من الوَسَط  
المحيط. أمّا إذا كنت خارج البيت في يوم قارس، فالحرارة تنبعث من جسدك  
إلى الهواء حواليك. تنتقل الحرارة دائماً من الجسم الحار إلى الجسم البارد،  
أو من الجزء الساخن من جسم إلى الجزء البارد. والحرارة تنتقل بطرق ثلاث  
هي: الحمل (الحراري) والتوصيل والإشعاع. فالحمل هو انتقال الحرارة  
بتيارات الحمل صُعداً في السوائل والغازات، لأنّ الجزيئات التي تسخن تقل  
كثافتها فترتفع لتحل محلّها جزيئات أثقل منها. أمّا التوصيل فهو انتقال  
الحرارة في الجوامد بعيداً عن مصدرها. فعندما يسخن جزء من الجامد، تشتدّ  
ذبذبة جزيئاته، فتصطدم بالجزيئات  
المجاورة وتنقل إليها طاقتها. الإشعاع  
هو طريقة انتقال الحرارة عبر  
الفراغ بأموّج كهرومغناطيسيّة؛ وبواسطته  
تصل حرارة الشّمس إلى الأرض.

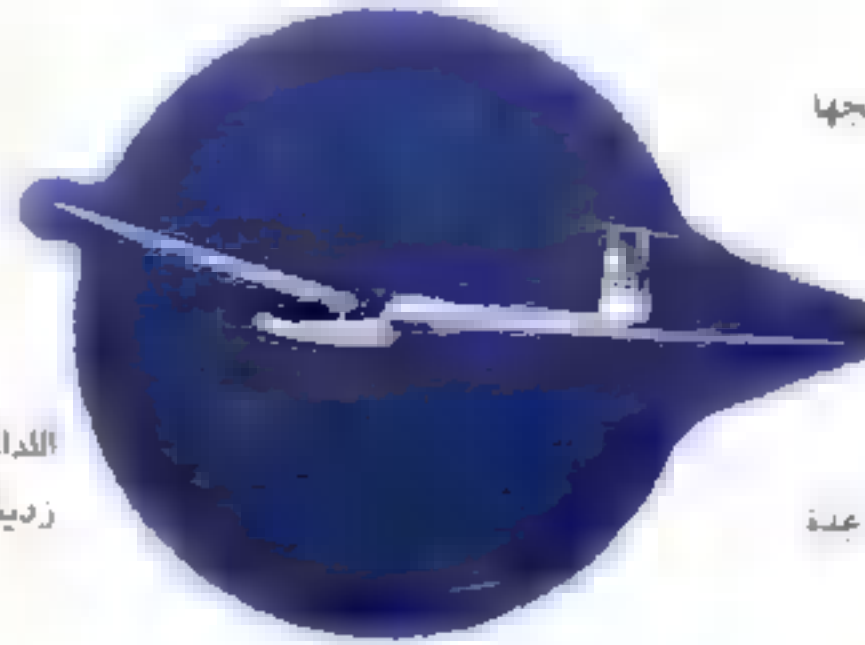


## الإشعاع

جميع الأجسام تبعث إشعاعات حراريّة تزايدت بزيادة  
درجة حرارة الجسم. ونسري  $\propto$  الإشعاعات،  
ونعرف بالإشعاع دون الحمراء، بسرعة الضوء. لكنّ  
طولها الموجي أكبر. وهي، كما الضوء، تنعكس عن السطوح الصلبة وتمتصها السطوح الداكنة. وهذه  
الإشعاعات لا ترى. لكنّ بعض الكاميرات تستطيع التقاط صور بها على أفلام خاصة تُدعى الصور الفوتوغرافية  
الحراريّة. وتُشاهد شدة الحرارة المُشعّة من تباين ألوان الصورة - أشدها وأسخنها يبدو باللون الأبيض.

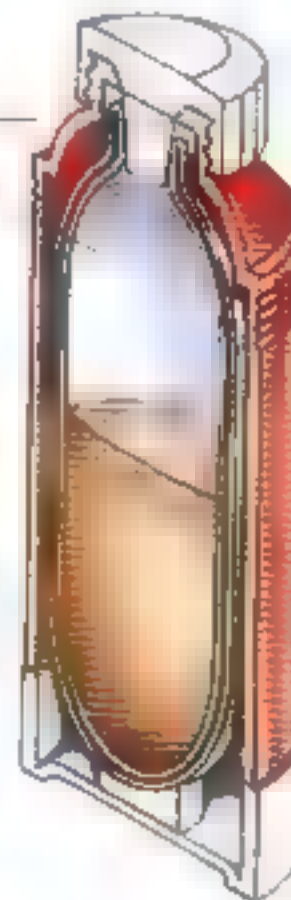
## الحمل (التصعد الحراري)

عندما تسخن البائسة، تسخن الهواء فوق سطحها  
ويرتفع الهواء الساخن لأنّه يتمدد ويصبح  
أقل كثافة، فيهبّط الهواء البارد ليحل محله.  
وهكذا تتكوّن تيارات مُسبّبة من الهواء  
الصاعد والهابط تُدعى تيارات الحمل  
(التصعد) الحراري. وتُستخدم الطائرات  
الشرّاعية والطبّور هذه التيارات الحراريّة الصاعدة  
لترفعها عاليًا في  
الهواء.



## التلاؤم المناخي

أشكال وألوان الكثير من الحيوانات تلائم بيئاتها  
المناخية. فتعلّب الفئك (المُسَمّى كلب الصحاري في  
شمال إفريقيا وسبّاء)، مثلاً، لا تمتص فروته الصفراء  
الناصلة اللون كثيراً من الإشعاع الحراريّ أثناء النهار؛ كما  
تعمل أذناه الكبيرتان على نقل الحرارة إلى الهواء بالحمل.  
وأثناء برّد الليل الصحراويّ تحتل فروة الفئك من الهواء  
ما يكفي لمنع فقدان الكثير من حرارة جسمه بالتوصيل.



فراغ

## الكظيمة (القارورة الخوائية)

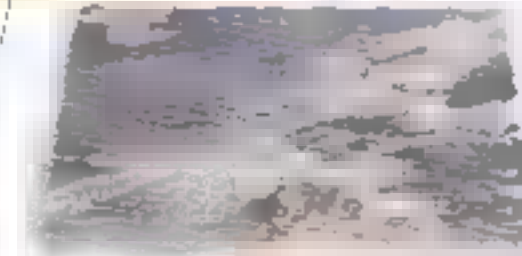
اخترع الكظيمة العالم الأسكتلندي، جيمس  
ديوار (1842-1923). وهي تحفظ الشراب  
الساخن ساخنًا والبارد باردًا، لأنّها تمنع  
انتقال الحرارة. تتألّف الكظيمة من قارورة  
زجاجيّة مزدوجة الجدران، والفراغ بين الجدران  
يمنع التوصيل والحمل. والجدران المفضضة  
الداخل تمنع الإشعاع، والسداد اللدائنيّ أو  
الفلينّي عازل جيّد للحرارة.

فلزّ - مُوصّل جيّد  
للحرارة.

الخشب - مُوصّل  
رديّة للحرارة.

الرّخام - مُوصّل  
جيّد للحرارة.

اللدائن - مُوصّلات  
رديّة للحرارة.



## التوصيل

تختلف مُوصليّة المواد للحرارة  
باختلاف طبيعتها. الفلزّات هي  
أفضل المُوصّلات. لذا تصنع  
القُدور من الفلزّات، كالنحاس



والألومنيوم، كي تسخن بسرعة. لكنّ مقابضها  
تُصنع من الخشب أو اللدائن لأنّها رديّة التوصيل  
أي عازلة للحرارة. الماء أيضًا مُوصّل رديّ  
للحرارة؛ وكذلك الفلين والزجاج اللينّي لأنهما  
يحتبسان الكثير من الهواء، والغازات أرواً  
المواد توصيلًا للحرارة.

## لمزيد من المعلومات انظر

- الحرارة ص ١٤٠
- الطيف الكهرومغناطيسي ص ١٩٢
- الرياح ص ٢٥٤
- تكوّن السحب ص ٢٦٢
- الصحاري ص ٣٩٠
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٨



## المُحَرِّكات

الصَّارُوخُ أَقْوَى الْمُحَرِّكَاتِ ؛ فهو يستطيعُ رَفَعَ عَرِيَّةَ  
فضائيَّةٍ ثَقِيلَةٍ عَنِ الْأَرْضِ وَإِطْلَاقَهَا إِلَى الْفَضَاءِ .  
الطَّائِرَاتُ وَالسَّيَّارَاتُ وَالسُّفُنُ وَالدَّرَاجَاتُ النَّارِيَّةُ  
وَمَكَنَاتُ كَثِيرَةٌ أُخْرَى تُسَيَّرُ بِمُحَرِّكَاتِ الْبَنْزِينِ أَوْ  
بِمُحَرِّكَاتِ الدِّيزِلِ . وبدونِ هذه المُحرِّكاتِ كُنَّا نَظَلُّ  
نَعْتِمِدُ عَلَى قُوَانَا الذَّائِيَّةِ أَوْ عَلَى قُوَى الْحَيَوَانَاتِ فِي  
النَّقْلِ وَالصَّنَاعَةِ . الْمُحَرِّكَاتُ تَحْوِلُ طَاقَةَ الْوَقُودِ إِلَى  
حَرَكَةٍ بِفِعْلِ تَمَدُّدِ الْغَازِ السَّاخِنِ ؛ فَيُحْرَقُ الْوَقُودُ لِإِحْمَاءِ  
الْغَازِ وَيُسَخَّرُ تَمَدُّدُ الْغَازِ فِي تَدْوِيرِ الْمَكَنَاتِ . بَعْضُ  
الْمُحَرِّكَاتِ مَجْهُزٌ بِمَكَابِسَ تَتَحَرَّكُ جَيِّئَةً وَذَهَابًا دَاخِلَ  
أَسْطُوَانَاتٍ ، وَتَعْرِفُ هَذِهِ بِالْمُحَرِّكَاتِ التَّرْدُدِيَّةِ ؛ وَبَعْضُ  
الْمُحَرِّكَاتِ عَدِيمُ الْمَكَابِسِ .

يتحكم غموض إدارة  
الكامات في تقدير  
الصناعات وغلقها.

تُفَسِّحُ الصَّمَامَاتُ لِإِدْخَالِ  
الْوُقُودِ إِلَى أَسْطُوَانَةِ  
الْمُحَرِّكِ وَإِخْرَاجِ الْعَائِدِ  
(الْمَكْسُوتِ) مِنْهَا.

يُذِيرُ السَّيْرُ  
بِضَعَةِ الْمَاءِ.

يُغْذِي الْمَرْغ  
شُعَاعَاتِ الْإِشْعَالِ  
بِكَهْرَاءٍ عَالِيَةٍ  
الْقُلُوبِ

الخبريد، .....  
جاري ماء

بالمحصل القابض  
(الكلتشي)  
المحرك عند  
تغير السرعة.

يدير العمود الرفيع  
الدواليب عن طريق  
قوابض ومغلبة  
تروس، وهو  
تصمم بعمود إدارة  
كمامات بحيث تُفتح  
كمامات وتغلق في  
نوقت الصحية.

المكابس وأذرع التوصيل  
تدوير العمود المرفقي.

ثُمَّ قَفَّهْهُ إِشْغَالًا

سَيِّدُ الْمَرْوَحَةِ  
بَيْدَرُ مَرْوَحَةُ  
الْقَبْرِيدُ.

فَتْحَةُ الْاِنْشِلَات (الْعَارِيَم)

## أَسْطُورَانَا

مكتبة

الانتقال

١. يصعدُ الحَكْبَسُ، سافِطًا  
مزيجُ الوقودِ إلى القسمِ  
السُّفْلِيِّ من الحُجْرَةِ وضاعِفًا  
الوقودَ المتواجِدَ في الأسطوانةِ.  
وعندما يكوْنُ المزيجُ الوقوديُّ  
في كَامِلِ انضِغاطِهِ، تَنفِجُهُ  
شَرَارَةٌ من شِصَّةِ الإِشْعَالِ.

٢. نَهْطُ الحَكْبَسِ، دافِقًا  
وَقُوْدًا جَدِيْدًا إلى داخلِ  
الأسطوانةِ عَبرَ فُتْحَةٍ  
الانتِقَالِ. ثُمَّ يَدْفَعُ  
الوقودَ المُسْتَهْلَكَ إلى  
الخَارِجِ عَبرَ فُتْحَةٍ  
الانْفِثَالِ.

١. شوطُ السَّحْبِ - يَهْطُ	٢. شوطُ الانضِغاط -	٣. شوطُ القُدرة - تُشِيلُ	٤. شوطُ الانفِلات -
المَكْبَسُ ساقِطًا مَزِيحٌ	يَضَعُ المَكْبَسُ ضَاطِعًا	تَضَعُ الإشعاعُ المَزِيحُ	يَضَعُ المَكْبَسُ مُفْجِعًا
الْوَقُودُ والهَوَاءُ عَالِمٌ	المَزِيحُ الوَقُودِي، كِلَا	فَيَدْفِعُ الوَقُودُ المَنْفَجِرُ	الْوَقُودُ المُشْتَهَكُ عَمْرٌ
صِفَامُ الإدْخَالِ المَقْتَوَحِ.	الصَّعَامِيْنِ مُقْفَلَانِ.	المَكْبَسُ إِلَى اسْفَلِ بِقُوَّةٍ.	صِفَامُ الانْفِلاتِ
			(الْعَادِمِ) المَقْتَوَحِ.

مُحَرِّكُ الْإِحْتِرَاقِ الدَّاخِلِيّ

يُدعى مُحَرَّكُ السَّيَّارَةِ مُحَرَّكًا دَاخِلِيًّا لِأَنَّهُ الْوَقُودُ يَحْتَرِقُ دَاخِلَ أَسْطُوَانَةٍ. وَمُعْظَمُ هَذِهِ  
الْمُحَرَّكَاتِ زُبَاعِي الْأَشْوَابِ أَيْ يَنْتِجُ قُدْرَتُهُ فِي أَرْبَعَةِ أَشْوَابٍ لِلْمَكْبَسِ. وَيَتَرَاوَحُ عَدَدُ مَكْبَسِ  
الْمُحَرَّكِ الْوَاحِدِ مَا بَيْنَ أَرْبَعَةٍ وَسِتِّينَ، تَحْرُكًا نَعَاقِيًّا لِتَنْتِجَ قُدْرَةَ خُرُجٍ مُتَوَاصِلَةٍ.

تَلْفُمُ الْأُسْطُوَانَةُ الْبُحَارَ  
لِغَالِي الضَّغْطِ.


يتحول الماء إلى بخار  
في المزجج.

القُرُونِ

المُعَرِّكُ البُخَارِيُّ

المحرك البخاري محرك خارجي الاحتراق  
لأن الوقود فيه يحترق في قرين خارج الأسطوانة. تسري الغازات الحامية الناتجة عن  
احتراق الفحم، عبر الميزجل فينبوول الماء أولا إلى بخاره ثم يحمى البخار حتى يتلغ  
ضغطا ودرجة حرارة عاليتين قبل غدو الأسطوانة به حيث يتمدد دافعا المكبس بتمدده.  
وفي الفاترة تنتقل حركة المكبس بواسطة مجموعة من الأذرع إلى الدواليب.

جورج سٹیفنسون



القاطرة البخارية الناجحة الأولى كانت من صنع المهندس البريطاني جورج ستيفنسون (١٧٨١-١٨٤٨). بدأ ستيفنسون حياته العملية كخبير لصيانة المحركات والبضخات في المناجم قرب نيوكاسل بإنجلترا. وفي العام ١٨٢٥، أشرف مصمماً للقاطرات حيث صمَّم وبُنِيَ أوَّل قاطرة استطاعت جرَّ قطار للركاب على أوَّل سكة حديد عامة في العالم بين دارلنغتون وستوكتون. أمَّا أشهر قاطراته المُسمَّاة «الصاروخ»، فقد فازت في مُباراة عام ١٨٢٩ حيث بلغت سرعتها ٤٦ كم/سا، واستُخدمت بعدئذٍ على الخط الحديدي بين ليفربول ومانشستر.



## المُعَرِّكُ الثَّانِي الشُّوْطُ

مُحَرَّكَاتِ الدَّرَاجَاتِ الثَّانِيَةِ  
الشُّوْطِ صَغِيرَةً وَقَوِيَّةً، لَكِنْ كَثِيرَةً  
الضَّجِيجِ. وَهِيَ عَدِيمَةُ الصَّمَامَاتِ إِذْ يَذَلُّ  
الصَّمَامِينَ هُنَاكَ قَتَحَتَانِ فِي جِدَارِ الْأَسْطُوَانَةِ  
يَفْتَحُهُمَا وَيُغْلِقُهُمَا تَعَاقِبًا تَحْرُكُ الْمَكْسِ.





## تطور المحركات

١٧١٢ صنع توماس نيوكومين أول محرك بخاري يستخدم أسطوانة ويمكن.

١٧٦٥ صنع جيمس واط محركًا بخاريًا أقوى من محرك نيوكومين بست مرات.

١٨٠٠ صنع ريتشارد تريفيثك أول محرك بخاري عالي الضغط.

١٨٦٠ صنع إتيان لينوار أول محرك داخلي الاحتراق، مستخدمًا مزيجًا من غاز الفحم والهواء كوقود.

١٨٧٧ طور نيكولاوس أوتو المحرك الرباعي الأشواط.

١٨٨٣ صنع غوتليب ديملر أول محرك بنزيني.

١٨٨٤ صنع تشارلز پارسونز أول توربين بخاري لتوليد الكهرباء.

١٩٢٦ أطلق روبرت غودارد أول صاروخ بوقود دسّر سائل.

١٩٣٠ سجل فرانك هويل براءة اختراع المحرك النفاث.

يُدفع الصاروخ قُدماً كذاً  
بقوى لانتشار الغازات  
المتدفقة خلفاً.

وقود  
سائل

## الصاروخ

الصاروخ أبسط أنواع  
المحركات، فهو يحرق

الوقود في حجرة احتراق  
مُنتجة غازات ساخنة تمتد

مُنتفعة إلى الخارج غير مُقَيّد  
في أسفه، فتدفعه بقوة رد الفعل

صُعْدًا بِسرعة كبيرة. تُطلق بعض  
الشحن الفضائية باستخدام صواريخ

مُعرّزة، تعمل بالوقود الجامد، شبيهة  
بالأسهم النارية العملاقة. وتستخدم صواريخ

أخرى وقودًا سائلًا، كالأكبروسين، يحرق مع  
سائل آخر يُدعى المؤكسد. مكوّن الفضاء ذو

ثلاثة مُحركات صاروخية تعمل بالوقود السائل.  
وتُخرق مجتمعة ٩٨ طنًا من الوقود في الدقيقة.

تثبت أرياش مستقيمة في الجدار الداخلي  
لشويبه البخار بدقة نحو أرياش كل دولاب  
بالزاوية الصحيحة.

دخول  
البخار

خروج البخار.

## التربين البخاري

التربين في أبسط أشكاله دولاب ذو  
أرياش مُرتبة على محور، فيمكن إدارته

بالغاز أو البخار أو الماء. تُستخدم  
التربينات البخارية في محطات القدرة

حيث يدفع البخار العالي الضغط  
بمواجهة الأرياش ليدير التربين المُتصل

بالمولد الكهربائي. والتربينات المتعددة  
المراحل هي الأكثر كفاءة لأنها تستفيد

تقريبًا كامل طاقة البخار.

الأرياش المركزية،  
حيث ضغط البخار  
الأعلى، أصغر من  
الأرياش الطرفية.

مضخة

صمامات

حجرة الاحتراق

تزيد الضواغط المروحية ضغط الهواء  
وتدفعه إلى حجرة الاحتراق.

غازات ساخنة

حجرة الاحتراق

الهواء الساخن والغازات  
الغادم تدفق إلى الخارج  
فوق التربين.

تشفط  
المروحة  
المُدْرَمَة الهواء  
إلى الداخل.

بعض الهواء  
يفرّج مُجانبًا  
الجزء الرئيسي  
للمحرك.

## المحرك النفاث

مُعْظَم الطائرات الحديثة العالية السرعة مُجهّز  
بمحركات نفاثة. في المحرك النفاث، تُسحب المرواح المُدْرَمَة في

مقدمة المحرك الهواء إلى داخله - حيث تضغطه مرواح أخرى دافعة إياه، على  
ضغط عالٍ، إلى حجرة الاحتراق. وهنا يحمو الهواء بالوقود السائل المُلتَهَب، فيتمدد

ويُدفع نحو مؤخرة المحرك، وباندياقه العنيف إلى الخارج. يُدوّم تربينًا يدير المرواح  
في المقدمة. في المحرك المزدوج التربين، المثبت أعلاه، يشري بعض الهواء غير

مُسرّب حول الجزء الرئيسي للمحرك، مُعرّزًا كميات الهواء المُندفق مما يُكسب المحرك  
دفعًا إضافيًا.

## فرانك هويل

المهندس وطيار  
الاختيار الإنكليزي

فرانك هويل

(المولود عام ١٩٠٧)

اختراع المحرك النفاث عام

١٩٢٩. وقد حاول عبثًا إقناع

وزارة الطيران البريطانية بفاعلية محركه؛ فما  
كان منه إلا أن أسس شركته الخاصة لتصنيع

المحرك الجديد. وبالفعل تمّ له صنع أول  
مُحرك نفاث واختباره على الأرض سنة ١٩٣٧.

وفي العام ١٩٤١، حققت طائرة اختيارية أول  
طيران لها بمحرك هويل.

## الدفع النفاث

هذه السيارة المثمية تستخدم الدفع النفاث لتتطلق بسرعة فوق أرضية  
المرقة. فعند فتح صمام خاص، يدفع

الهواء إلى الوراء عبر رقية الباليون  
المربوط بالسيارة والمُعَبّأ بالهواء.

دافعًا السيارة إلى الأمام.

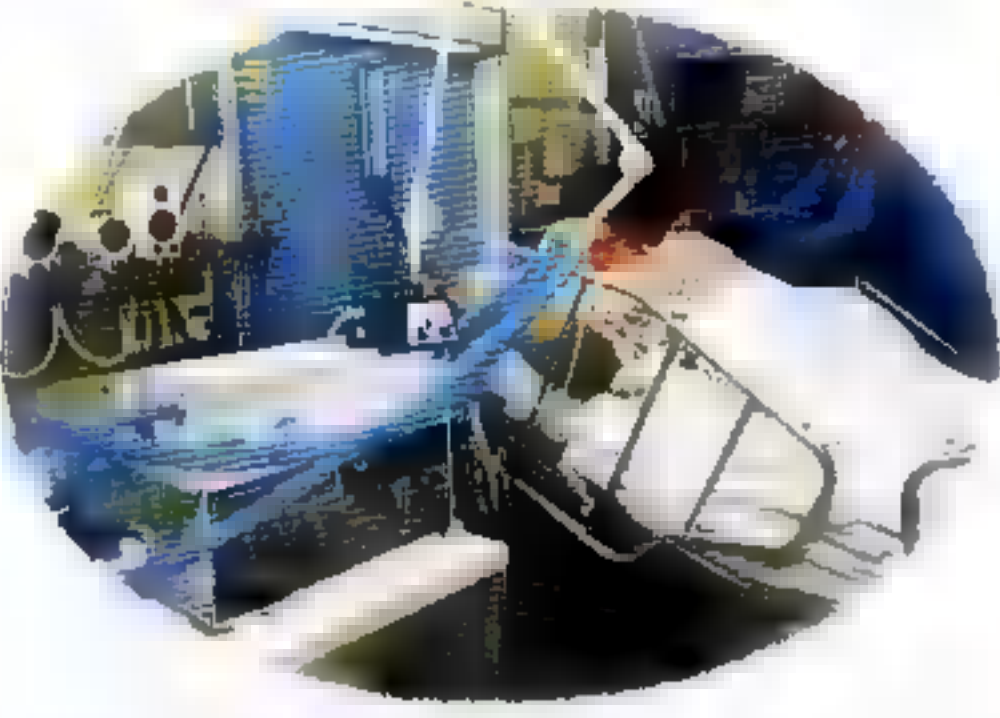


## لمزيد من المعلومات انظر

- سلوك الغازات ص ٥١
- القوى والحركة ص ١٢٠
- الشغل والطاقة ص ١٣٢
- مصادر الطاقة ص ١٣٤
- المحركات الكهربائية ص ١٥٨
- الصواريخ ص ٢٩٩



# الكهرباء والمغناطيسية



الكهرباء، ترافقها المغناطيسية غالباً، أصبحت ضرورة يومية في مختلف مجالات العمل والحياة حولنا؛ وهي في الواقع غيرت نمط حياتنا بالكامل. المولدات تولّد الكهرباء من حركة ولفاتها في مجال مغناطيسي، فتوفّر لنا الحرارة والنور بضغط زرّ. والمحرك الكهربائي تحوّل التأثيرات الكهربائية في مجالات مغناطيسية إلى حركة تُدير لنا المكاتب من مثاقيب وغسالات وآلات مختلفة بجهد قليل منا. والإلكترونيات بمقوماتها التحكّمية تُيسّر لنا استخدام الكهرباء والمغناطيسية (الكهرمغناطيسية) بأشكال متعدّدة في تقنيات الراديو والرادار والحواسيب

## الإلكترونيات في العناية الفائقة

المرضى الذين يعانون من علة خطيرة يحتاجون غالباً إلى مراقبة مستمرة في المستشفى. وبدلاً من مُمرّضات يلازمّن أسرة مولا، نستخدم المعدات الإلكترونية لمراقبة أوضاعهم. فإذا حدث تبدّل خطير في معدل تنفس المريض أو خفقان قلبه، تنطلق تلك الأجهزة نذيراً لاستدعاء الممرضات والأطباء لمعالجة ذلك.

## طاقة متعدّدة الاستعمالات

تولّد الكهرباء وتُقلّ بسهولة إلى حيث يُحتاج إليها، لتُحوّل إلى أشكال أخرى من الطاقة. ففي مكتب مثلاً، تُحوّل المروحة الكهربائية إلى حركة، كما تُحوّل ضمجة المصباح الكهربائي إلى ضوء. ويُحوّل جهاز التلفون الكهربائي إلى أصوات، كما يُحوّل أيضاً الأصوات إلى كهرباء. أمّا الحاسوب فيُحوّل المورد المُطرّد من الكهرباء إلى نبضات تُنفذ وظائفه.

تُورث الضمجات الكهربائية منذ استخدمت أول مرة أواخر القرن التاسع عشر، فأصبحت اليوم أكثر مؤثوقية وكفاءة.

نُساهم الكهرباء في توفير وسائل الراحة في محيطنا، فالحركة في مروحة كهربائية تدوم أرياشها لتنبعث تياراً هوائياً وتُجذّد الهواء.

## حجر المغناطيس

حجر المغناطيس معدن طبيعي المغنطة؛ وهو شكل من خام الحديد المعروف بالمغنتيت (أكسيد الحديد المغناطيسي). تتمكّن برادة الحديد بالقرب من حجر المغناطيس فتجذب إليه وتلتصق به. وقد استخدم بعض الملاحين القدماء القطعة المشكّلة من هذا المعدن مُعلّقة من طرف خيط، كبوصلة.

جهاز التلفون الحديث يؤدي عمل الهاتف العادي إضافة إلى ذاكرة إلكترونية، تختزن أرقاماً تلفونية عديدة، تُمكننا من طلب أيّ منها بكبسة زرّ.

## المغناطيس الحديثة

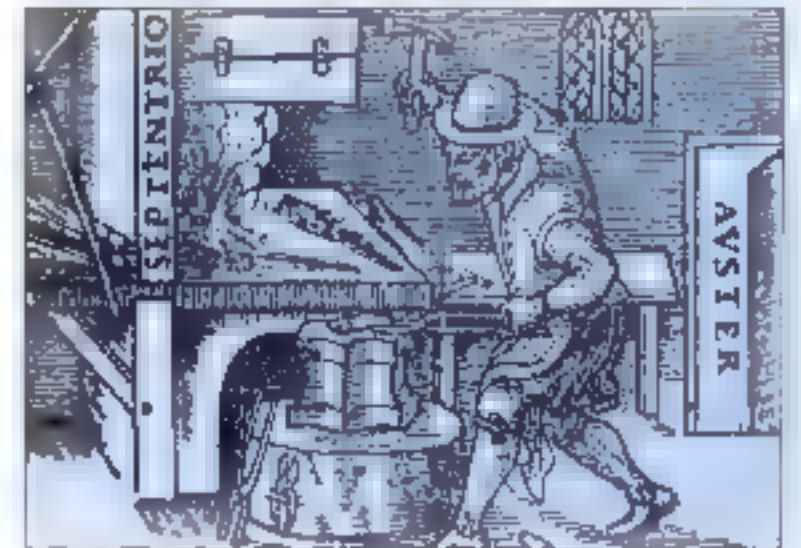
بعد تعرّف الطبيعة المغناطيسية، صار من الممكن صنع مغناط قويّ من الفولاذ بأشكال مُتنوعة. تُصنّع أفضل المغناطيس من سبائك فولاذية مُضمّعة جُصياً لحفظ مغناطيسيتها.

الذبابيس الفولاذية تتمكّن مؤقتاً بالمغناطيس فيلتقطها.

حاسبة الجيب الحديثة الرخيصة كانت ستدهش القلاء في مطلع الخمسينيات من هذا القرن. فلصنع حاسبة تقوم بعملها حينئذٍ كان يقتضي استخدام صمامات ومقومات ضخمة، تملأ غرفة بكاملها.

## الكهرباء قديماً

حوالي العام 600 ق.م اكتشف الفيلسوف الإغريقي طاليس أن حثّ قطعة من الكهرمان بقطعة قماش يجعل الرّيش والأجسام الخفيفة الأخرى تجذب إليها وتلتصق بها. ونحن نعلم اليوم أن كهرمانة طاليس كانت قد شجنت كهربائياً بالاجتكاك. وجدير بالذكر أن كلمة «كهرباء» مُشتقة من الكلمة اليونانية للكهرمان - وهي الإلكتروني.



## «الكهربيات» و«اللاكهربيات»

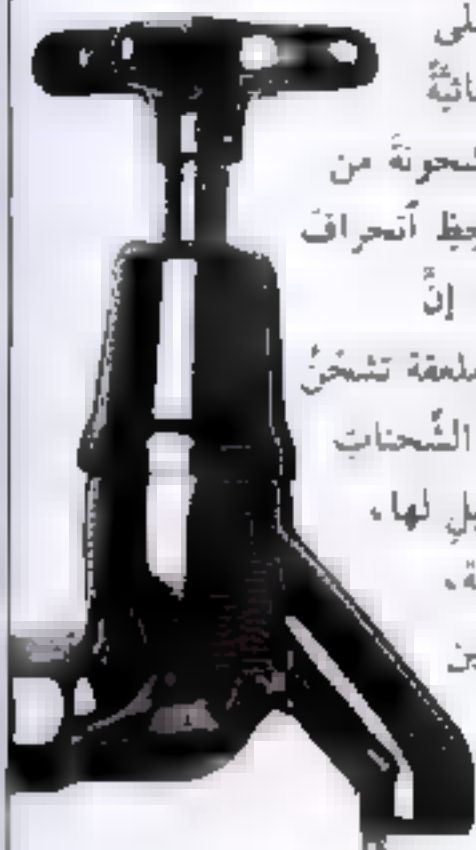
قام وليم جيلبرت (1544-1603) بأعمال بارزة في خلفي المغناطيسية والكهرباء؛ فقد بيّن أن الأرض لا بدّ أن تكون مغناطيساً ضخماً كي تؤثر في توجيه البوصلات. كما أدرك الفرق بين الموصلات والغازات الكهربائية وأسماهما «الكهربيات» و«اللاكهربيات».



# الكهربائية الساكنة

## الحث الإلكتروني (الكهروستاتي)

إذا دلكت ملعقة لدائنية على ثيابك فكسبها شحنة كهربائية سالبة. قرب الملعقة المشحونة من مسال ماء الصبورة، ولا حظ انحراف مسال الماء نحو الملعقة! إن الشحنات السالبة على الملعقة تشجن مسال الماء بالتأثير متنافرة الشحنات السالبة في الجانب المقابل لها، جاعلة إياه موجب الشحنة، فينجذب نحوها - في حين يصبح جانب المسال الأبعد سالب الشحنة. وتدعى هذه الظاهرة الحث الإلكتروني.



الشحنات المتشحذة على الملعقة بالتلك تشجن مسال الماء بالتأثير، فينجذبان.

الفرقة التي تسمعها أحياناً عندما تخلع كزتك بسحبها عبر رأسك هي تفريغ كهربائي من الكهرباء الساكنة؛ وإذا كنت في ظلمة فقد يمكنك مشاهدة ومضات التفريغ أيضاً. الكهرباء الساكنة كهرباء احتكاكية غير سارية، والفرقات والمومضات هي تفريغ كهربائي فجائي الانطلاق. أحياناً تحس بصدمة كهربائية عند لمس كعبرة الباب لأن الكهرباء الساكنة المتراكمة في جسديك تنطلق فجأة من يدك إلى الكعبرة. والبرق هو تفريغ كهربائي ضخيم بين سحابتين أو بين سحابة والأرض. والكهربائية الساكنة تتحشد بالاحتكاك عند ذلك أو احتكاك مادتين مختلفتين معاً.

إذا دلكت بالوناً بكزتك، فإنه يميل إلى الالتصاق بها، لأن ذلك يكسب كلا منهما شحنة متضادة.



## الشحن بالاحتكاك

تتألف جميع الأجسام من ذرات، وتتألف كل ذرة من عدد مماثل من الإلكترونات السالبة الشحنة والبروتونات الموجبة الشحنة. وهذه الشحنات يوازن بعضها بعضاً تماماً، مما يجعل الأجسام متعادلة (أي غير مشحونة). لكن بالاحتكاك، كذلك البالون بالكزرة، تنقل الإلكترونات من الكزرة إلى البالون، فيصبح البالون سالب الشحنة لأن الإلكترونات فيه صارت أكثر من البروتونات؛ كما تصبح الكزرة موجبة الشحنة لأن البروتونات فيها أكثر من الإلكترونات.

شحن هذان البالون يشحنات متضادة بالتلك على الكزرة.

الشحنات المتشحذة على الملعقة بالتلك تشجن مسال الماء بالتأثير، فينجذبان.

## التنافر

البالون المشحون والمعلقان جنباً إلى جنب، يطرقي خططين. من النقطة ذاتها يتنافران لأن كليهما سالب الشحنة. وهما إذا كانا متعادلين يتذببان متلازيين واحدهما بالآخر.

١. ينجذب مسحوق التصوير إلى شحنات غير مرئية على الأسطوانة.

٢. تنتقل صورة المسحوق إلى الورقة المشحونة.

## الناسخة الضوئية

الكثير من الناسخات الضوئية تستخدم الكهرباء الساكنة، إذ تتكون صورة الأصل كشحنات موجبة غير مرئية على أسطوانة كبيرة داخل المكنة. هذه الشحنات تجذب جسيمات دقيقة من مسحوق التصوير مكونة صورة مرئية على الأسطوانة. ثم ينقل مسحوق التصوير إلى الورقة المشحونة كهربائياً أثناء مرورها حول الأسطوانة. وتعمل الدلافين الشاحنة على صهر مسحوق التصوير ولصقه بالورقة كصورة ثابتة.

٣. الدلافين الشاحنة تصهر المسحوق وتلصقه بالورق.



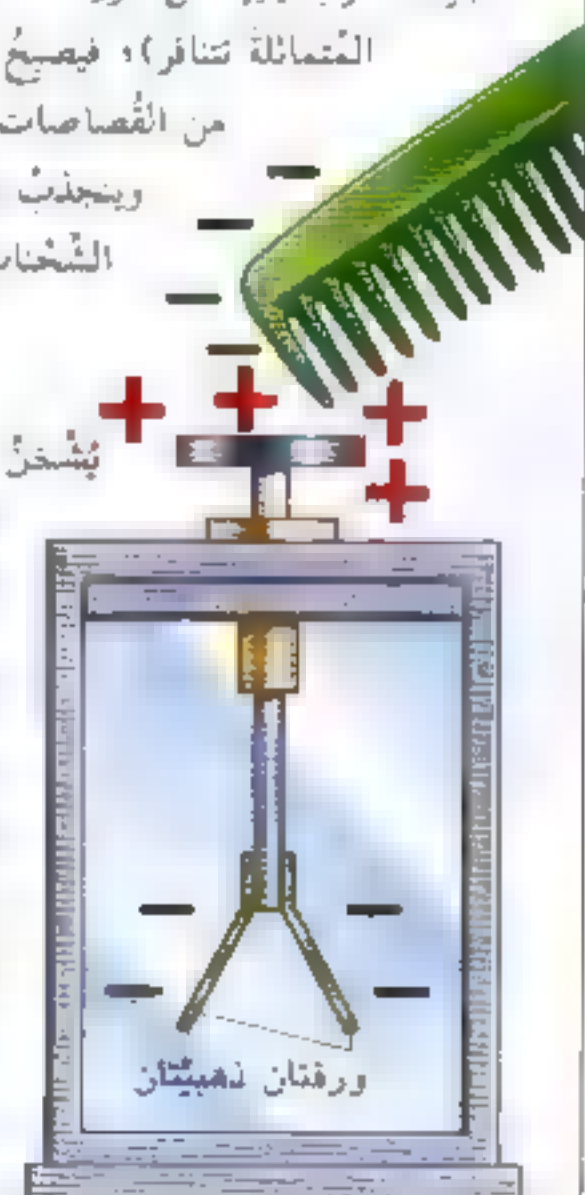
## التجاذب

البالون المشحون بالتلك يجذب إليه قصاصات الورق الصغيرة. إن شحنات البالون السالبة تنافر الشحنات السالبة على الجزء الأقرب إليها من الورقة (لأن الشحنات المتماثلة تنافر)، فيصبح هذا الجزء من القصاصات موجب الشحنة، وينجذب إلى البالون لأن الشحنات المتخالفة تتجاذب.

يشحن المشط بشحنات سالبة عند تسريح الشعر؛ فإذا قرب إلى القرص المعدني للمكشاف الكهربائي، يتأثر الشحنات السالبة فيه باتجاه الورقتين الذهبيتين، فتتفرجان.

## المكشاف الكهربائي

يبنى المكشاف الكهربائي ذو الورقتين الذهبيتين ما إذا كان الجسم مشحوناً أم غير مشحون. فإذا قربت جسماً مشحوناً إلى قرص المكشاف المعدني، تكسب الورقتان الذهبيتان شحنات متماثلة بالحث. ولما كانت الشحنات المتماثلة تنافر، فإن ورقتي المكشاف تنفرجان. وحيث إن الورقتين الذهبيتين رقيقتان جداً وخفيفتان فإن المكشاف الكهربائي شديد الحساسية.





## الشحنات داخل السحب

تُشحن الجسيمات الجليدية  
المذومة في السحب في أعالي  
الجو بالكهربائية الساكنة؛  
فيصبح أعلى الشحابة موجب  
الشحنة وأسفلها سالب  
الشحنة. ويحصل التفريغ  
البرقي أحياناً داخل الشحابة  
لمعادلة الشحنات مُجدداً.

تكتسب  
الجسيمات  
الاخف الموجبة  
الشحنة إلى أعلى.

تتراكم الجسيمات الأثقل السالبة  
الشحنة في أسفل الشحابة.

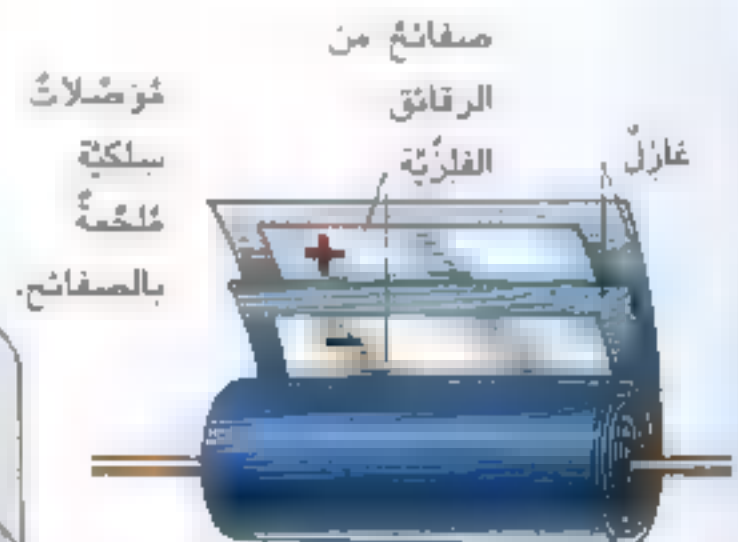
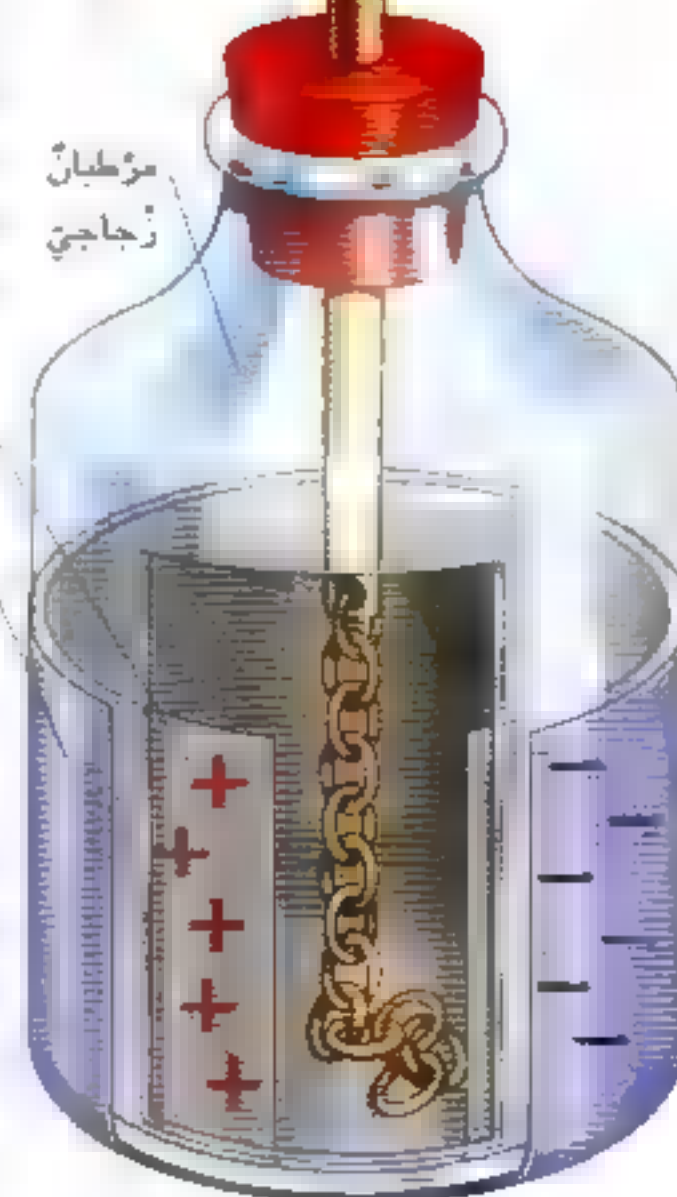
قضيب مانعة الصواعق  
مستدق الرأس، وطرفه  
السفلي مُتصل بالأرض  
بموصل سلكي.



الشحنات السالبة في أسفل  
الشحابة تستجيب بالتأثير  
شحنات موجبة على سطح  
الأرض تحتها.

قضيب من  
النحاس الأصفر  
مُتصل بالسلسلة  
المماسية للبطانة  
الداخلية.

سداء فليني



## المكثفات

تُستخدم المكثفات الشفوية لتخزين الشحنات  
الكهربائية في الأجهزة الإلكترونية  
كالتلفزيونات والخواسب. فالتكثفات  
الكهربائية الصغيرة الآمد مثلاً، تُخزن في  
المكثف بحيث يمكن أبتعاث تيار مستمر منه.  
وفي بعض المكثفات، تُفصل صفائح الرقائق  
الفلزية داخلها بعضها عن بعض بلدائن  
رقيقة، ثم تُلف جميعها وتُسد بإحكام.

## مانعة الصواعق

يُنصب على السطح في معظم المباني العالية  
قضيب يُسمى مانعة الصواعق يتصل بالأرض  
بموصل سلكي. الشحنات السالبة في أسفل  
الشحابة المقترية تجتذب الشحنات الموجبة  
من الأرض؛ فتندفع هذه الشحنات على  
جزيئات الهواء ضغداً إلى السحب حيث  
تُبطّل مفعول بعض الشحنات السالبة في  
الشحابة. وقد يمنع ذلك حدوث الصاعقة.  
وإذا لم يكن ذلك كافياً وحصل التفريغ البرقي  
فإن الكهرباء تسري عبر القضيب والموصل  
السلكي إلى الأرض دون إحداث أضرار.

## كيف تضرب الصاعقة؟

إذا كانت شحنات السحب قوية بما فيه الكفاية،  
فإنها تُشق لها ممراً عبر الهواء إلى الأرض وتفرغ  
كوميض برقي. وتوفر المباني العالية والأشجار  
والناس في الأماكن المكشوفة مساراً سهلاً  
للتفريغ الكهربائي، فتستهدفها الصواعق.

بطانة فلزية داخلية.

تغليف رقائق فلزي.

## وعاء ليبن

دارسو الكهرباء الأوائل اخترعوها أحياناً في ما  
يُسمى «وعاء ليبن» - (باسم المدينة الهولندية  
حيث استخدم لأول مرة عام 1745). ويتألف  
وعاء ليبن إجمالاً من زجاجين زجاجي مُغطى من  
الداخل والخارج برقائق القصدير بحيث يمكن  
تخزين شحنة كهربائية على صفيحتي القصدير  
الرقيقتين. ويُصل قضيب معدني بالبطانة  
الداخلية لتفريغ الشحنة عند اللزوم. وعاء ليبن  
هذا هو شكل قديم من المكثفات.

## لمزيد من المعلومات انظر

البيئة الذرية ص ٢٥  
الكهرباء الثابتة ص ١٤٨  
مقومات الإلكترونيات ص ١٦٨  
الرغذ والبرق ص ٢٥٧



# الكهرباء التيارية

حيثما تذهب تر الكهرباء التيارية في مجالات العمل - في البيت والشارع والمصنع وحيثما كان. صمّجات المصابيح تحول الكهرباء إلى ضوء، والمواقد الكهربائية تحول الكهرباء إلى حرارة، والمحرّكات الكهربائية تحول الكهرباء إلى حركة. الكهرباء من أوسع أشكال الطاقة استخداماً لأنها سهلة التحول إلى أشكال الطاقة الأخرى؛ ولأنها آتية السريان عبر أسلاك التوصيل إلى حيث يُحتاج إليها، كتيار كهربائي. ويُقاس سريان الكهرباء بوحدات الأمبير. التيارات الكهربائية، في معظمها، تتألف من إلكترونات دافقة، لكن بعضها منها يتألف من أنواع أخرى من الجسيمات المشحونة، تدعى أيونات.



المصابيح تحول الكهرباء إلى ضوء.  
شاشة الفيديو تحول الإشارات الكهربائية المستقبلية من الكاميرات إلى ضوء.

الكهرباء في بعض مجالاتها في حفل موسيقي وأغانٍ شعبية. تحدث الأجهزة الكهربائية مؤثرات صوتية أخادة وأصواتاً عالية. ويستطيع المتفرجون البعيدون جداً عن المسرح مشاهدة الموسيقيين وسماع المغنين عبر شاشات ضخمة ومكروفونات منتشرة في ساحة المسرح.

**الموصلات والعوازل**  
تدعى الأسلاك النحاسية في الكبلات الكهربائية موصلات، لأنها توصل التيار الكهربائي أي تسمح له بالمرور عبرها. وتُغلف الأسلاك النحاسية بمادة لدائنية عازلة، غير موصلة للكهرباء، لأنها لا تحوي إلكترونات طليقة. العوازل تمنع الكهرباء من السريان حيث لا نريدها.

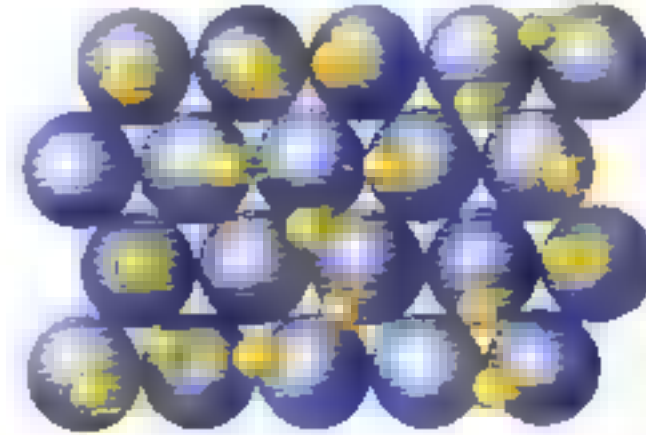
الكاميرا التلفزيونية تحول الصور إلى إشارات كهربائية.

اللقط الصوتي للغيرار الكهربائي تحول اهتزازات الأوتار إلى إشارات كهربائية ويرسلها إلى المصنم.

الميكروفون تحول الأصوات إلى إشارات كهربائية تُرسل إلى المصنمات.

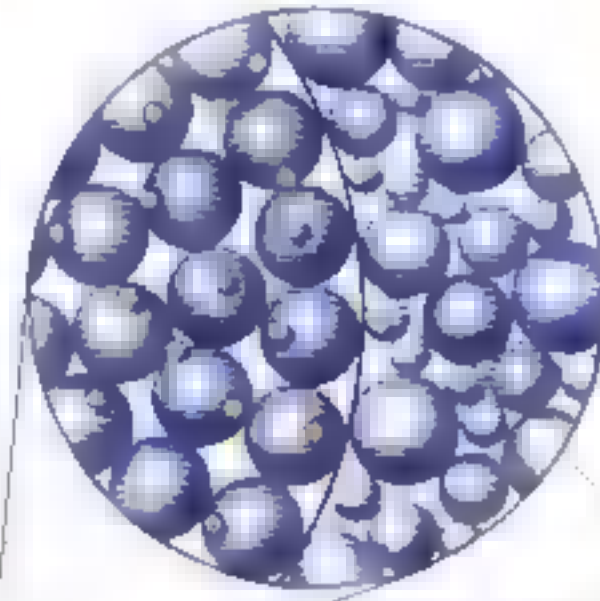
## الإلكترونات الطليقة

تسري الكهرباء عبر فلز، كالتحاس، لأن الفلز يحوي إلكترونات طليقة تستطيع الانتقال من ذرة إلى أخرى.



## دائرة الكتل البلى هـ. بلية

يمكنك تمثيل كمية سريان التيار الكهربائي باستخدام دائرة من الكتل المتماصة. فإذا دفعت إحداها، ترى أن جميع الكتل تتحرك أيضاً فالكلة الأخيرة في الحلقة تتحرك حالما تنس الكلة الأولى. والبطارية تدفع الإلكترونات عبر الأسلاك في دائرة كهربائية، بطريقة مماثلة، لإحداث تيار كهربائي.



في العوازل تبقى جميع الإلكترونات مشدودة إلى ذواتها؛ لذا لا تستطيع الكهرباء السريان عبرها.

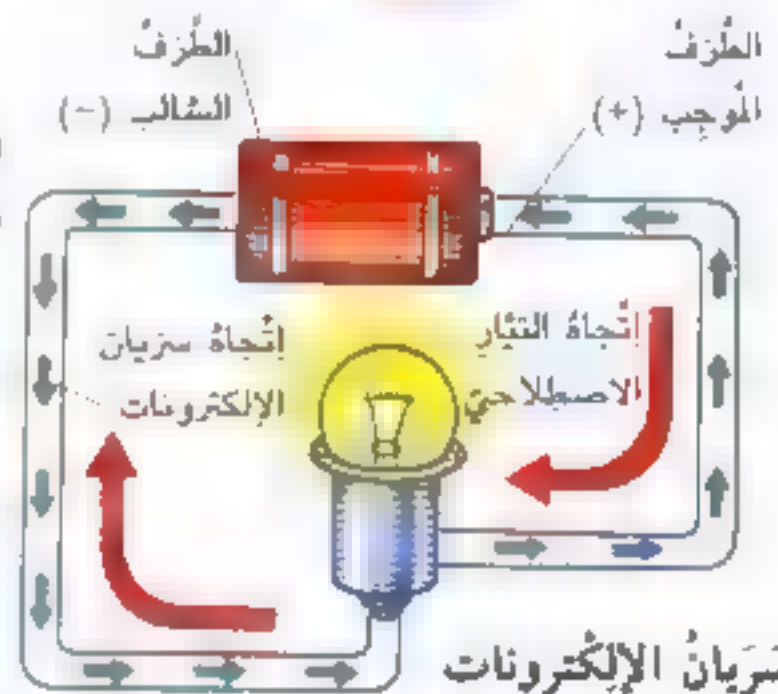
الكبول العلوية العارية تغلق وتدعم باستخدام العوازل.

الكبول وأذرع التوصيل توصل الكهرباء.



## الإمداد العلووي

بعض القطارات الكهربائية يلتقط الكهرباء بأذرع تنزلق عبر كبلات معلقة فوق سكة حديد. ولتحقيق التماس الكهربائي بين ذراع التوصيل والكتل، كتي يسري التيار إلى محرك القطار، يجب أن يكون الكتل عارية (أي غير معزولة). ولا بد من تعليق هذه الكبول العلوية على عوازل لمنع تبيد الكهرباء وإبعاد خطرهما. فالموصلات والعوازل، كما ترى، تُستخدم معاً لتجعل استخدام الكهرباء آمناً وعالي الكفاءة.



## سريان الإلكترونات

يعتقد العلماء سائلاً أن الكهرباء في دائرة بطارية مثلاً، تسري من الطرف الموجب للبطارية إلى طرفها السالب. ووضعت قواعد عملية مقبدة تطبيقاً لهذا المفهوم. لذا نطلق تسمية إتجاه التيار هكذا. ونسميه التيار الاصطلاحي. والواقع أن الإلكترونات تسري من طرف البطارية السالب إلى طرفها الموجب.

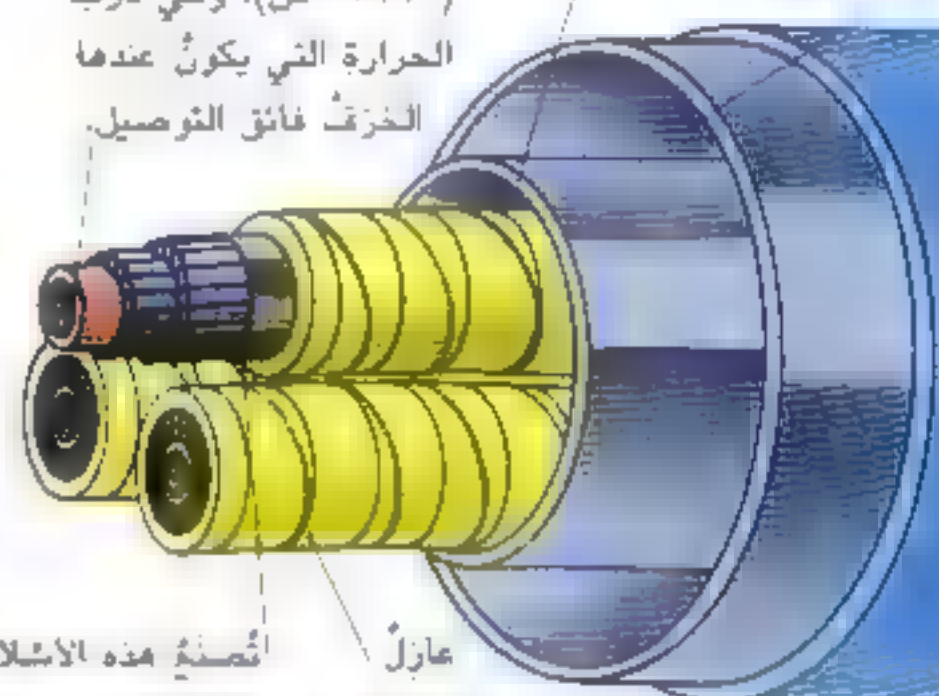


## شارل أوغستين كولوم

كولوم (١٧٣٦-١٨٠٦) فيزيائي ومهندس فرنسي  
اشتهر بأبحاثه في الاحتكاك والمغناطيسية  
والكهرباء. اخترع كولوم آلات حاسبة لقياس  
القوى بين المغناطيسات كما بين الشحنات  
الكهربائية. وصنعت وحدة الكولوم لقياس  
كمية الكهرباء باسمه، وهي كمية الكهرباء  
الشارية عبر نقطة في دائرة يمر فيها تيار مقداره  
أمبير في ثانية.



يتسري التتروجين  
الأنبوب النحاسي لتبقى الأسلاك  
على درجة حرارة ٧٧° ك  
(-١٩٦° س)، وهي درجة  
الحرارة التي يكون عندها  
الخزف فائق التوصيل.



عازل  
ورق  
تصلب هذه الأسلاك  
الفائقة التوصيل من  
خزف خاص مغلف  
بالفضة.

الغلاف الخارجي والأنبوب الفولاذي  
يقيان جميع الأسلاك داخلهما.

## كَبُولُ فائقة التوصيل

المادة الجيدة التوصيل للكهرباء ضئيلة المقاومة لتيار التيار. وفي فترات  
معيّنة كالفصل والرماس، وبعض الخزفيات، تقارب هذه المقاومة الصفر  
عندما تبرد هذه المواد إلى درجة حرارة منخفضة جداً، فتصبح المواد فائقة  
التوصيل (أي كاملة التوصيلة تقريباً). والكَبُولُ المفرقة التوصيل مثالية لنقل  
الكهرباء، لأن تديد القدرة فيها لا يكاد يذكر، لكنها باهظة التكلفة عملياً لأنها  
تتطلب على الدوام تبريداً شديداً بالتتروجين أو الهيليوم السائلين. وتجرى  
التجارب حالياً لإيجاد موصلات فائقة التوصيل تعمل على درجة حرارة أعلى.



## أليكس مولر

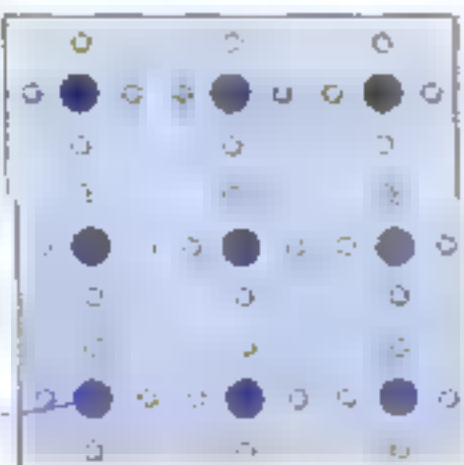
المشكلة الرئيسية في

الموصلات الفائقة التوصيل هي  
ضرورة جفّظها على درجة حرارة  
تقارب الصفر المطلق (صفر  
كلفن أي -٢٧٣° س)، وهذه  
أخفض درجة حرارة ممكنة.

لكن الفيزيائي السويسري، أليكس مولر  
(المولود عام ١٩٢٧)، ومساعدته جورج بيدنورز (المولود  
عام ١٩٥٠)، اكتشفا أن مادة خزفية من أكسيد النحاس،  
تحوي الباريوم والنترونوم، تغدو فائقة التوصيل على درجة  
٣٥° ك (-٢٣٨° س). وقد نالا بذلك جائزة نوبل للفيزياء  
عام ١٩٨٧. وفي العام ١٩٨٨، توصل آخرون إلى تصنيع  
مادة خزفية فائقة التوصيل على درجة ١٢٣° ك  
(-١٥٠° س). لكن لم يتوصل بعد إلى صنع موصل  
فائق يعمل على درجة حرارة الغرفة.

## السليكون النقي

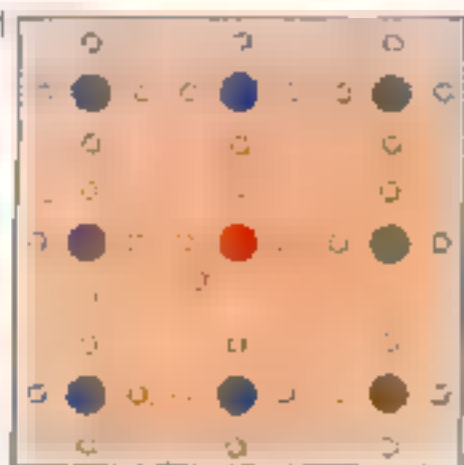
يوجد أربع إلكترونات في الغلاف الخارجي للذرة  
من السليكون النقي. وتعاود هذه (كما  
الإلكترونات الأخرى) شحنات موجبة مساوية في  
نواة الذرة، لذا فذرة السليكون كمجموع متعادلة.



## شبه موصل من النمط-م

يوجد ثلاثة إلكترونات في الغلاف الخارجي للذرة  
البورون، فإذا أضيف إلى السليكون كميات قليلة  
من البورون، ترك هذه الإضافة ثقباً أو شغرات  
إلكترونية تجعل المادة موجبة وشبه موصلة موجبة

النمط (النمط-م).



## شبه موصل من النمط-س

يوجد في الغلاف الخارجي للذرة من الزرنيخ  
أو الفسفور خمسة إلكترونات، فإذا أضيف  
مقدار ضئيل من أي منهما إلى السليكون،  
تجلب هذه الإضافة إلى إلكترونات طليقة تجعله  
شبه موصل سالب النمط (النمط-س).

## شبه الموصلات

المواد الغير جيدة التوصيل للكهرباء تدعى شبه موصلات أو أشباه فلزات.  
وهي تستخدم للتحكم في التيار في الأجهزة الإلكترونية. وأكثر هذه المواد  
استخداماً هو السليكون المشاب بكميات قليلة من الزرنيخ أو الفسفور أو  
البورون لتغيير خواصه الكهربائية وجعله شبه موصل سالب النمط  
(نمط-س) أو موجب النمط (نمط-م). في شبه الموصلات من  
النمط-س، الإلكترونات الطليقة هي التي تحمل التيار، أما في شبه  
الموصلات من النمط-م فتحملة الثقوب. تستخدم شبه الموصلات في  
صنع البايئات الإلكترونية، كالدقات (أو الجذاذات) السليكونية للحواسيب.

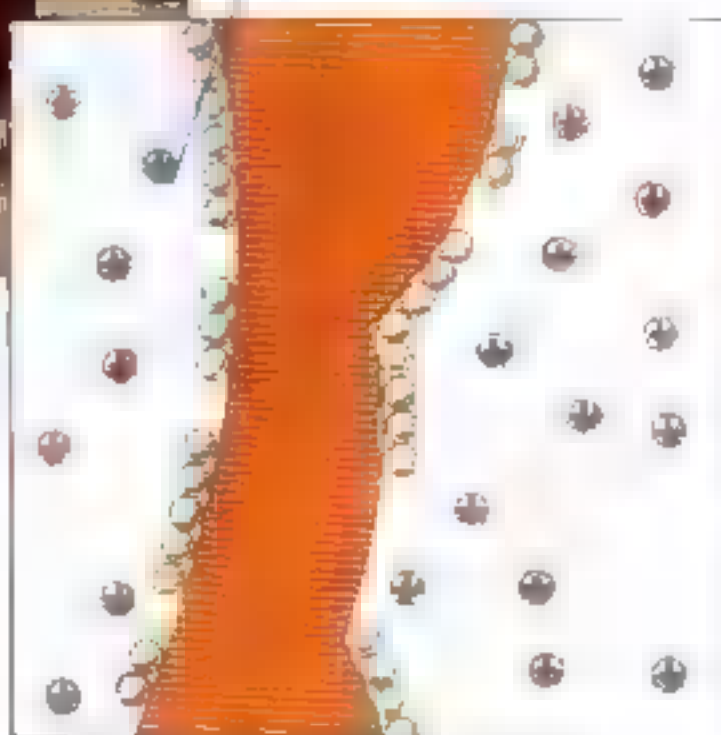


بلورة من  
السليكون النقي

الأيونات الموجبة  
الشحنة تجذب إلى  
الفلز للشباب الشحنة.

## الطلاء الكهربائي

الرواح الذارة المطبوعة، المبيئة أغلاء، كانت قد عُمرت في  
محلول من كبريتات النحاس؛ ثم مررت الكهرباء عبر المحلول  
في دائرة وصّلت الألواح فيها بالكاثود لاجتذاب أيونات النحاس  
التي ترسبت عليها مكونة المسارات النحاسية.



## الكهرباء والأيونات

يسري التيار في بعض المنحابل، لا كإلكترونات بل كجسيمات  
مشحونة تدعى أيونات. والطلاء الكهربائي تطبيق عملي على ذلك  
لنظية جسم ما بطبقة فلزية. فيوصل الجسم المراد طلاؤه بالطرف  
السالب للمصدر الكهربائي لجعله الإلكترود السالب الذي يجذب  
إليه الأيونات الموجبة الشحنة (من فضة أو نحاس أو خارصين)  
فيُنظلي بها.

## لمزيد من المعلومات انظر

- خصائص المادة ص ٢٢
- البنية الذرية ص ٢٤
- أشياء الفلزات ص ٣٩
- الكهولة (التحليل بالكهرباء) ص ٦٧
- الخلايا والبطاريات ص ١٥٠
- مقومات الإلكترونية ص ١٦٨
- حقائق ومعلومات ص ٤١٠



# الخلايا والبطاريات

## داخل الخلية

تتألف الخلية النموذجية من أجزاء رئيسية ثلاثة هي: الإلكترود (أو القطب) السالب، الإلكترود (أو القطب) الموجب، والكهرل هو مادة كيميائية أو مزيج من الكيماويات السائلة أو المعجونية الرخوة القوام الموصلة للكهرباء لأن مقوماتها تتفكك إلى مجموعات من الذرات المشحونة تدعى أيونات، وتتسبب التفاعلات الكيماوية التي تجري داخل الخلية في سريان الإلكترونات من الإلكترود السالب إلى النشطة المشحونة ثم عوداً عبر الإلكترود الموجب.

## خلية أكسيد الزئبق

الكثير من الساعات الإلكترونية تعمل بواحدة من خلايا أكسيد الزئبق. وتوفر الخلية من هذا النوع جهداً أو فلتية مقدارها ١.٣٥ فولت لفترة طويلة.

## خلية النيكل والكادميوم

خلية النيكل والكادميوم، بخلاف سائر الخلايا الجافة المألوفة، يمكن إعادة شحنها فتصبح تكلفة دمي البطاريات العاملة بها أقل بكثير.



البطاريات (أعمدة الخلايا) الجافة تستخدم البطاريات الجافة العادية في معظم المشاعل ومصابيح الجيب الكهربائية. وتتألف الإلكتروليت فيها من كلوريد الأمونيوم، لكن الخلايا الأقوى تياراً تستخدم كلوريد الخارصين. أما الخلايا القلوية ذات التيار الأشد والتي تقوم لفترات أطول، فتستخدم هيدروكسيد البوتاسيوم كإلكتروليت.

## إلساندرو فولتا

اخترع الكونت الإيطالي إلساندرو فولتا (١٧٤٥-١٨٢٧) أول بطارية. تألفت الخلية الواحدة في بطارية فولتا من قرص نحاسي وقرص خارصيني كإلكترودين بينهما قطعة من القماش المشرب بمحلول ملحي كإلكتروليت، وكانت قوتها الدافعة الكهربائية قليلة. ثم اكتشف فولتا أنه بتركب عدو من هذه الخلايا يحصل على قوة دافعة أكبر - فكانت البطارية الأولى وعرفت بعمود فولتا. وتكرمت له سُميت وحدة القوة الدافعة الكهربائية «الفولت» باسمه.



النبائط العاملة بالبطاريات كثيرة، كالراديو والمصابيح والذمم والساعات وغيرها، وهي تتطلب أشكالاً وأحجاماً مختلفة من البطاريات. بعض البطاريات صغير، بحجم قرصة الدواء، وبعضها الآخر ثقيل لا يمكنك حمله. لكنهما، في معظمهما، تشترك في خاصية مهمة هي قدرتها على اختزان طاقة كيميائية وتحويلها إلى طاقة كهربائية. والخلية الكهربائية هي الوحدة الأساسية المولدة للكهرباء؛ وتتألف البطارية من مجموع اثنين أو أكثر منها. غير أننا نستخدم كلمة بطارية أيضاً عندما نتحدث عن خلية واحدة كالخلية الجافة، أو الخلية القروية الصغيرة في ساعة مثلاً. الخلايا «تضخ» الإلكترونات عبر الموصلات كما المضخات السوائل عبر الأنابيب.

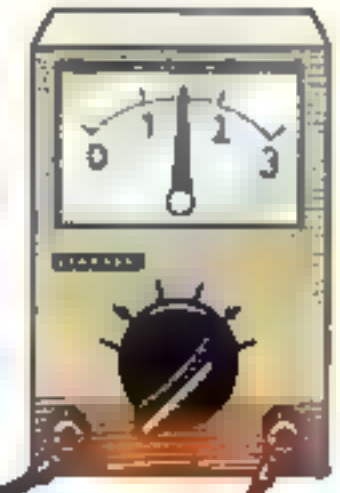
تجري الكهرباء غير متصلة المصباح فتتوهج.

## داخل الخلية الجافة

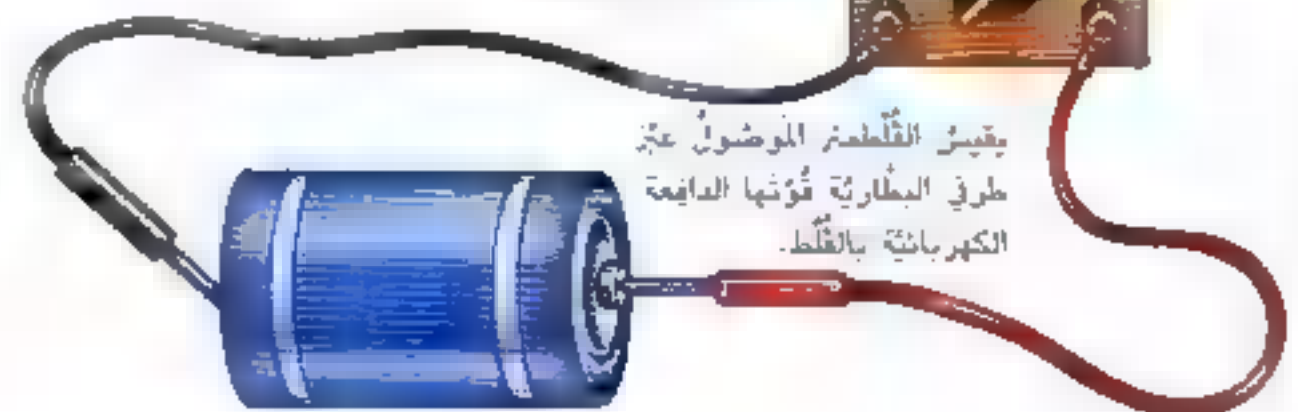
أشهر أنواع الخلايا هي الخلية الجافة التي تعمل على مبدأ الخلية التي اخترعها المهندس الفرنسي جورج لغلانتيه عام ١٨٦٥. غير أن الإلكتروليت في خلية لغلانتيه سائل. أما في الخلايا الجافة المعاصرة فالإلكتروليت معجون رطب من كلوريد الأمونيوم. المسحوق الكربوني المزوج بثاني أكسيد المنغنيز يمنع استقطاب الخلية - أي تجمع الهيدروجين كغاز حول قضيب الكربون فيها - مما يوقف الخلية عن العمل.

## القوة الدافعة الكهربائية

القوة الدافعة الكهربائية لخلية أو بطارية تدفع الإلكترونات لتجري في الدارة الكهربائية. وهي تقاس بوحدة الفولت. تعتمد القوة الدافعة الكهربائية للخلية على نوعيتها، فهي في الخلايا الجافة، مثلاً، ١.٥ فولت.



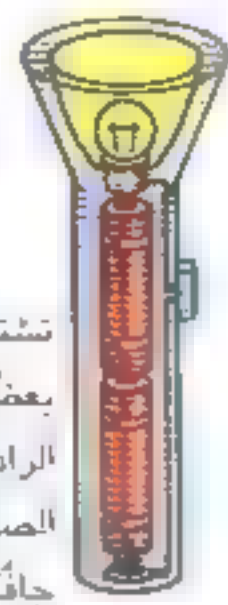
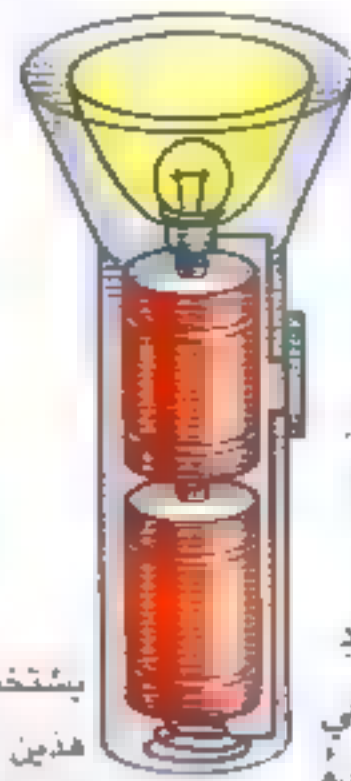
يقيس القلطنر الموضول عبر طرفي البطارية قوتها الدافعة الكهربائية بالفولت.



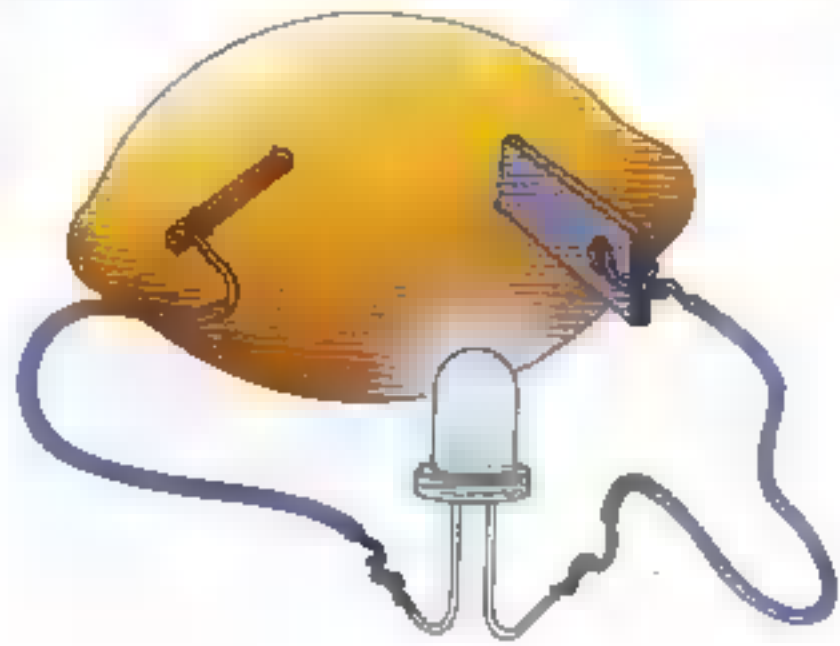


## حجم البطارية

تتنوع معظم المصابيح الكهربائية بطارتين جافتين أو أكثر وتوصل هذه البطاريات على التوالي، أي واحدة بعد الأخرى، كما في عمود فولتا؛ مما يزيد من عمل القوة الدافعة الكهربائية (ق. د. ك.). فإذا وُصلت بطارتان على التوالي، فطية الواحدة منهما ١.٥ فولت، يكون مجمل قوتيهما الدافعة الكهربائية ٣ فولت. وبزيادة القوة الدافعة الكهربائية تزداد شدة التيار في الدارة الكهربائية. والمصابيح القوية تستخدم أربع بطاريات أو أكثر. إن حجم البطارية ذاته لا علاقة له بقوتها الدافعة الكهربائية، إذ إن قوتها الكيماوية فقط هي التي تحدد ذلك، لكن البطارية الكبيرة تدوم فترة أطول من البطارية الصغيرة من النوع ذاته.



تستخدم بعض الراديو الصغرة بطارية جافة فطيتها ٩ فولت. وهي تتألف من ست خلايا حافة. فطية كل منها ١.٥ فولت، متراسة في عمود فولتا الأول.

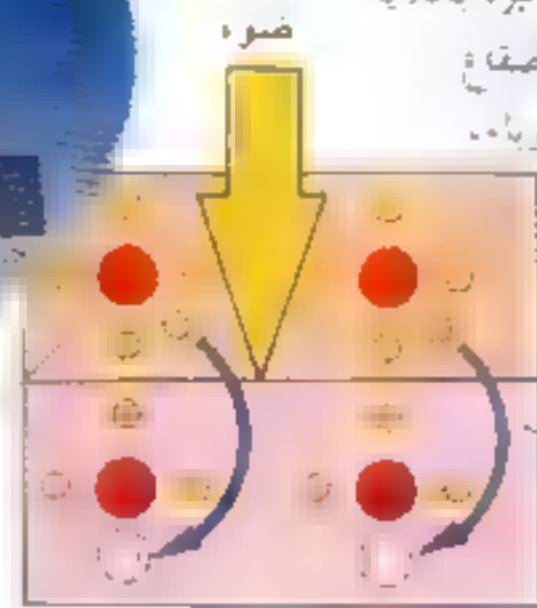


## خلية من ليمونة حامضة

يمكنك صنع خلية بسيطة بفوار جسمين من فلزيين مختلفين في ليمونة حامضة؛ فيشكل الفلزان إلكترودي الخلية، وتشكل عصارة الليمونة الإلكتروليت. استخدم إلكترودين من الخارصين والشحاس فتحصل على ق. د. ك. تجعل الداود (القضام الثاني) الضوء يشع بوميض مرئي.

## الخلايا الشمسية

الخلايا الشمسية، بخلاف الخلايا العادية، لا تعتمد على الطاقة الكيميائية؛ بل تحول الطاقة الضوئية مباشرة إلى كهرباء. لذا نعرف أيضا بالخلايا الفولطية الضوئية. والخلايا الشمسية هي في معظمها دايودات سليكونية. تعمل بعض الحاسبات الحية الصغيرة بخلايا شمسية، لكن، في بعض الأصناف، الثانية البعيدة عن موارد الكهرباء. كالقلب الجنوبي، تستخدم ماطورات ضخمة، تضم الكثير من الخلايا الشمسية، كمورد طاقة بديل.

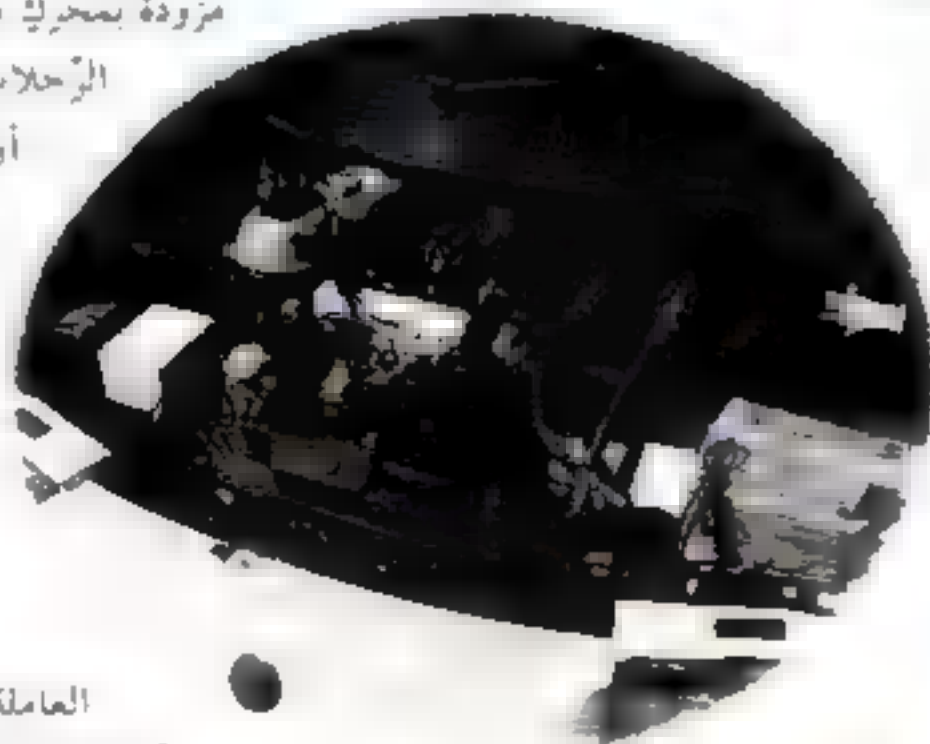


شبه موصل من السيليكون

شبه موصل من السيليكون

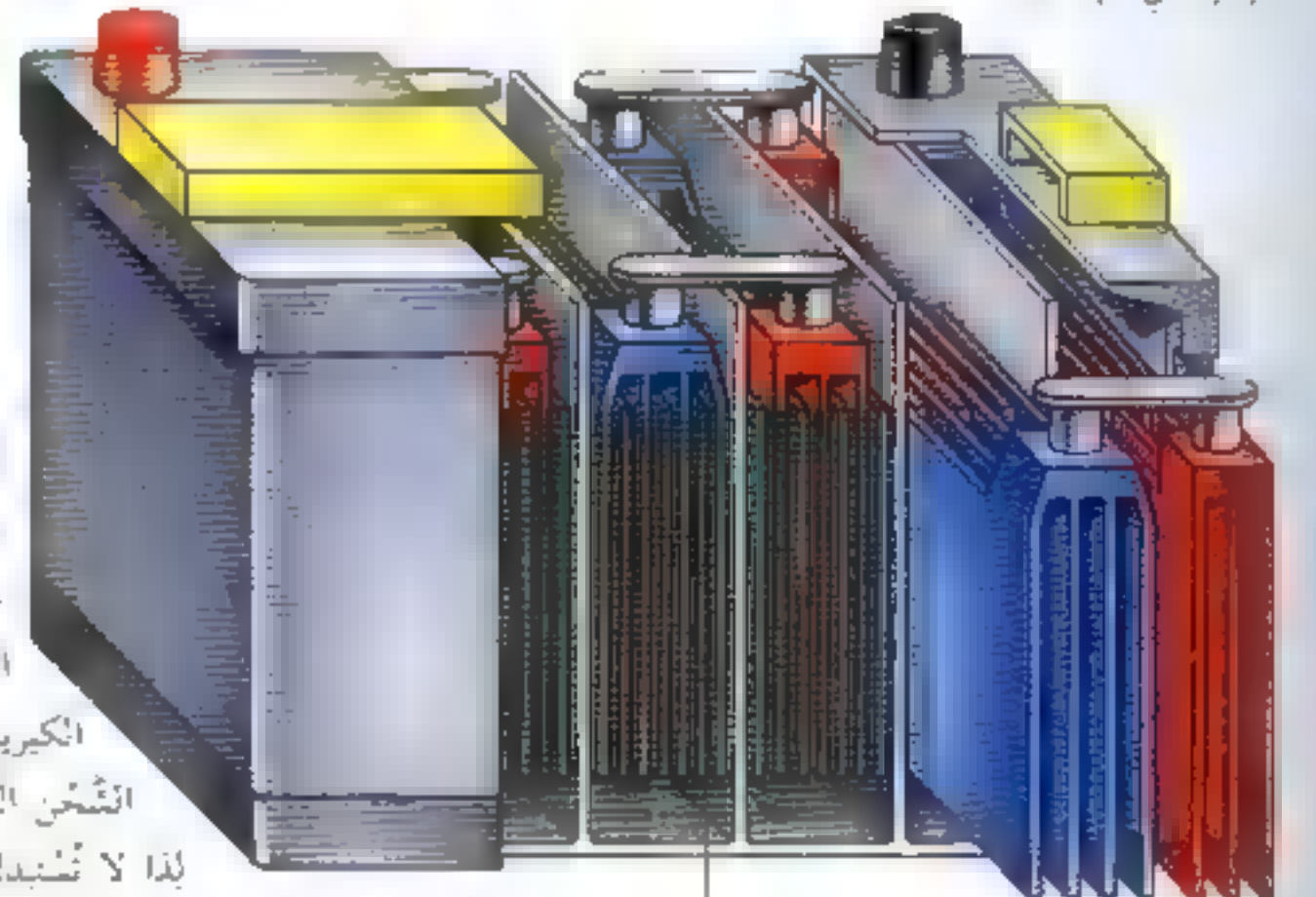
## السيارة الكهربائية

تستخدم هذه السيارة بطارية للسير في المدن وهي مزودة بمحرك بترين لإبقاء البطارية مشحونة في الرحلات الأطول. هنالك حاليا نماذج أولية لسيارة كهربائية تعمل بالبطارية فقط، لكن البطارية المستخدمة ضخمة ولا تدوم طويلا؛ وعند الحاجة لشحن البطارية ليلا من الشبكة الرئيسية حين يخف ضغط الاستهلاك. والميزة الرئيسية للسيارات الكهربائية هي أنها أقل تلويثا للهواء من تلك العاملة بمحرك البنزين أو الديزل. وهكذا تعتبر السيارة الكهربائية إحدى السبل المهمة في معالجة مشاكل التلوث.



## بطارية السيارة (الجرم)

تستخدم معظم السيارات بطارية جهدها ١٢ فولت. وتحتوي البطارية ست خلايا تتألف واجدتها من صفيحة من الرصاص وأخرى من ثاني أكسيد الرصاص مغمورتين في محلول من حامض الكبريتيك بجهده ٢ فولت. وهذه الخلايا قابلة لإعادة الشحن الكهربائي بعد الاستعمال. بخلاف الخلايا الجافة. لذا لا تستبدل بطارية السيارة إلا إذا تعطلت. الخلايا التي لا يمكن إعادة شحنها تسمى خلايا أوتية؛ أما القابلة لإعادة الشحن تسمى خلايا ثانوية. بطارية السيارة مركبة من صفيحة رصاصي يمد أجهزتها بالقدرة الكهربائية ويعاد شحنه ببطيئة في السيارة تدعى الموب.



صفيحة من ثاني أكسيد الرصاص

تتولد الكهرباء من تفاعل الصفيحة مع حامض الكبريتيك.

## لمزيد من المعلومات انظر

- الترابط الكيماوي ص ٢٨
- الفلزات الانتقالية ص ٣٦
- أشباه الفلزات ص ٣٩
- الكهولة (التحليل بالكهرباء) ص ٦٧
- مصادر الطاقة ص ١٣٤
- المولدات ص ١٥٩
- الضوء ص ١٩٠
- القضلات ص ٣٥٥
- حقائق ومعلومات ص ٤١٠

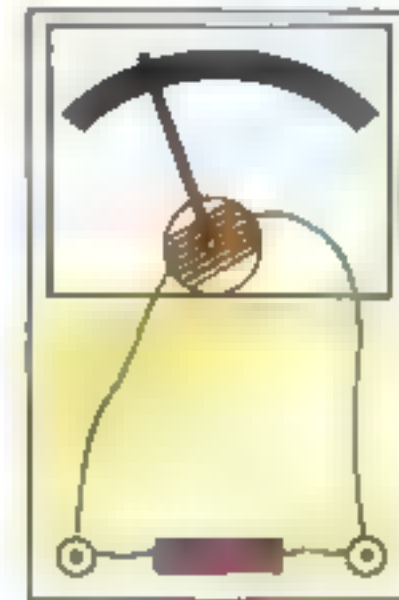


# الدَّاراتُ الكهربائيَّة

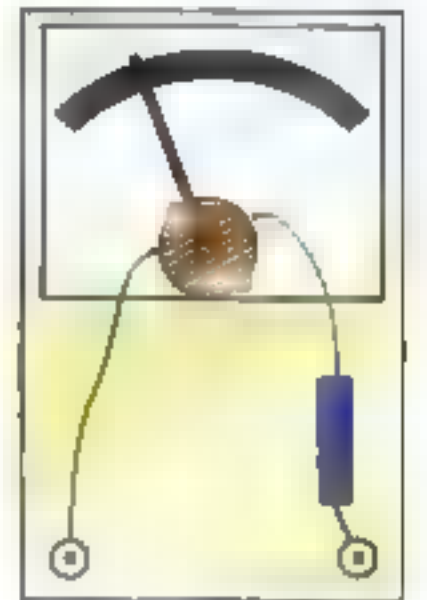
عندما تُضيءُ مِصباحًا كهربائيًا، فإنَّكَ تُكْمِلُ دائرةً كهربائيَّةً بسيطةً، تُسري الكهرباءُ فيها من البطارية، عبرَ المُقْلَدِ (المِفْتَاح) والبُصْبِلَةِ ثُمَّ عَوْدًا إلى البطارية. فالدَّارةُ هي المَسَارُ الذي تتخذهُ الكهرباءُ؛ وأجزاءُ هذا المسارِ كُلُّها مَوْصَلَةٌ للكهرباءِ ومُتَّصِلَةٌ بعضها ببعض. والدَّاراتُ الكهربائيَّةُ على نوعين: داراتُ التوالي وداراتُ التوازي. مِصباحُ الجيب الكهربائيُّ مَثَلٌ على دائرةٍ توالي حيثُ كُلُّ مُقَوِّماتِ الدائرة مَوْصُولٌ الواحدُ بِلَوِّ الآخر. في دائرة التوازي تكون البطاريَّاتُ أو بعضُ المُقَوِّماتِ الأخرى مَوْصُولَةٌ بعضها بِغَيْرِ بعض. وفي كلا الدائرتين، يُمكنُ أَحْسابُ القُلْطِيَّةِ أو المُقاوِمَةِ أو شِدَّةَ التَّيارِ باستخدامِ قانونِ أوم.

## دائرة تطبيقية

البطاريَّاتُ الثلاثُ في أعلى الدائرة المُقابلَةِ تُنتِجُ جُهدًا مقداره ١٣.٥ قُلْطٌ لأنَّها مَوْصُولَةٌ على التوالي وجُهدُ الواحدة منها ٤.٥ قُلْطٌ. فإذا تُسَبِّتَ عُقْلٌ في سَريَّانِ تيارٍ أَشَدَّ مِمَّا يَجِبُ في الدَّارةِ يَنْصَهَرُ المِصْهَرُ وَيَنْقَطِعُ الإمدادُ من البطاريَّاتِ. اأخذ المِقياسين المُتَعَدِّينِ القياساتِ بِعَمَلٍ هنا كَأَمِيرٍ لِقِياسِ شِدَّةِ التَّيارِ السَّارِي في بُصْبِلَةٍ بينما يُسْتَحْدَمُ الأَخرُ كَقُلْطَمِترٍ لِقِياسِ القُلْطِيَّةِ عِبرَ بُصْبِلَةٍ أُخْرَى.



الأَمِيرُ مِقياسُ ذو بِلْفٌ مُتَحَرِّكٌ مَوْصُولٌ على التوازي بِمُقاوِمٍ خَفِيفِزِ المُقاوِمَةِ - بحيثُ أنَّ تِيارَ الدَّارةِ يَكادُ لا يُنْقُصُ إذا وُصِلَ فيها الأَمِيرُ على التوالي.



القُلْطَمِترُ مِقياسُ ذو بِلْفٌ مُتَحَرِّكٌ مَوْصُولٌ على التوالي بِمُقاوِمٍ عَالِي المُقاوِمَةِ. هذا المُقاوِمُ يَمْنَعُ سَريَّانِ تِيارٍ كَبِيرٍ في القُلْطَمِترِ (وَتَغْيِيرِ أَوْضاعِ الدَّارةِ بِذلك).

## جورج سيمون أوم

أوجَدَ الفيزيائيُّ الأَلمانيُّ جورج سيمون أوم (١٧٨٧-١٨٥٤) العَلاقَةَ بَينَ شِدَّةِ التَّيارِ الكهربائيِّ والمُقاوِمَةِ وَفَرَقِ الجُهدِ الكهربائيِّ (القُلْطِيَّةِ) فيما يُعرَفُ بقانونِ أوم - المَعْتَمَلُ بالمُعَادَلَةِ التَّالِيَةِ:  
ف (فَرَقُ الجُهدِ الكهربائيِّ) «بالقُلْطِ» = ت (شِدَّةُ التَّيارِ) «بِالأَمِيرِ»  $\times$  م (المُقاوِمَةُ) «بالأوم». وقد سُمِّيتِ وَحْدَةُ قِياسِ المُقاوِمَةِ الكهربائيَّةِ، الأوم، بِاسْمِهِ.



ثلاثُ بطاريَّاتٍ، جُهدُ الواحدةِ منها ٤.٥ قُلْطٌ مَوْصُولَةٌ على التوالي، تُوفِّرُ قُدْرَةً مقدارها ١٣.٥ قُلْطٌ.

يُحوي حَامِلُ المِصْهَرِ مِصْهَرًا خُرْطُوشِيًّا - كَالنَّيْلِ بِجَانِبِهِ. يَنْصَهَرُ قُلْطُ المِصْهَرِ عِندَ تَجَاوُزِ التَّيارِ حَدًّا مُعَيَّنًا لِقَطْعِ حَارِي.

المِقياسُ المُتَعَدِّدُ القِياساتِ المُعَدَّلُ لِمَدَى ٢٥٠ ملي أمبيرٍ والمَوْصُولُ على التوالي بِهذا الفَرعِ من الدَّارةِ يُبَيِّنُ تَيارًا شِدَّتُهُ ١٦٥ ملي أمبيرٍ.

مِقْلَدٌ بِحَكْمِ سَريَّانِ التَّيارِ عِبرَ الدَّارةِ بِكاملِها.

يُسَبِّبُ المُقاوِمُ قُبوْلًا في الجُهدِ مقداره ٧.٥ قُلْطٌ، بحيثُ تُصْبِغُ القُلْطِيَّةُ الباقية (أي ٦ قُلْطٌ) مُلائِمَةً لِلْبُصْبِلَةِ في هذا الجُزءِ من الدَّارةِ.

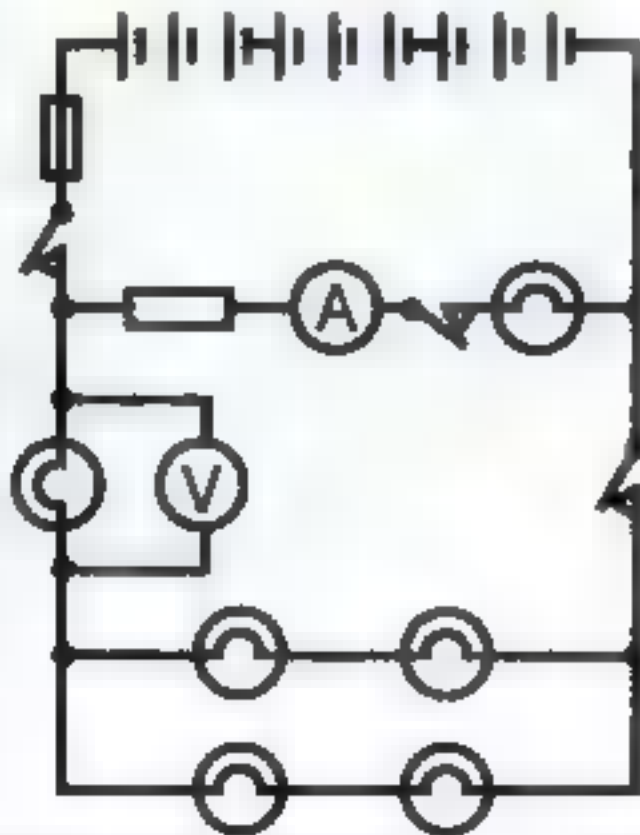
المِقياسُ المُتَعَدِّدُ القِياساتِ المُعَدَّلُ لِمَدَى ١٠ قُلْطِ شِبْرٍ جُهدًا مقداره ٥ قُلْطٍ عِبرَ البُصْبِلَةِ.

مِقْلَدٌ بِحَكْمِ التَّيارِ السَّارِي عِبرَ هذا الفَرعِ من الدَّارةِ.

نقطة توصيل

زُوجانِ من البُصْبِلَاتِ المُتَعَادِلَةِ المُتَعَادِلَةِ مَوْصُولانِ على التوالي. التَّيارُ السَّارِي في البُصْبِلَاتِ مُتساوٍ.

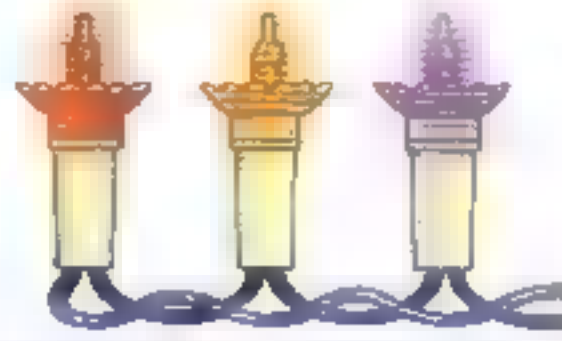
الرَّسْمُ التَّخْطِيطِيُّ لِلدَّاراتِ تُمَثِّلُ مُقَوِّماتِ الدَّارةِ الكهربائيَّةِ بِرُموْزٍ مُعَيَّنَةٍ في رِسمٍ تَخْطِيطِيٍّ يُبَيِّنُ كَامِلَ أَجْزائِها وتوصيلاتها بِوضوحٍ بالغٍ. في التَّخْطِيطِ المُقابِلِ، لِلدَّارةِ أَعْلَامٌ، أُعِيدَ تَرْتِيبُ بعضِ الأسلاكِ لِتَبْسيطِ الرِّسمِ؛ لَكِنَّ ذلكَ لا يُؤَثِّرُ أَبَدًا في تَبْيَانِ طَرِيقَةِ عَمَلِ الدَّارةِ الكهربائيَّةِ.





## دوائر التوالي والتوازي

يسري التيار الكهربائي في دائرة كاملة لا انقطاع فيها. وقد تكون أجزاء أو مقومات الدارة موصولة على التوالي أو على التوازي. في دائرة التوالي تتصل المقومات واحدًا بعد الآخر، كشابلك الأيدي في حلقة؛ أما في دائرة التوازي فتتصل المقومات بعضها غير بعض.



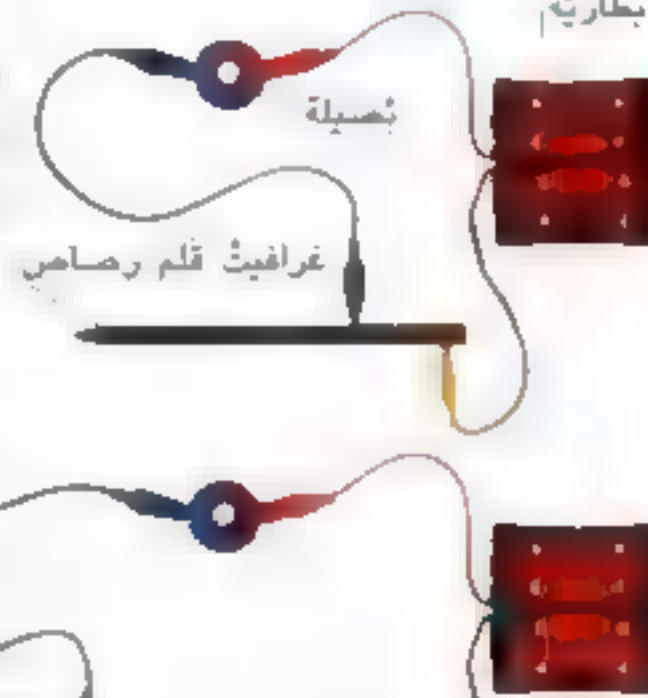
أضواء الخفلات البديعة توصل الواحد تلو الآخر على امتداد السلك نفسه من كابل مزدوج. أما السلك الآخر فيكمل الدارة عودًا من آخر السلسلة إلى القابس وماخذ الإمداد.

### التوصيل على التوالي

عند وصل المقومات في دائرة على التوالي يزداد مجمل المقاومة. والتيار الساري من المصدر يقسمه في مجموعة من المقومات أخفض بكثير من التيار الساري في دائرة المقاوم الواحد. في بعض أطقم أنوار الخفلات تكون البطاريات موصولة على التوالي؛ فإذا تعطلت واحدة منها، تعطل الطقم بكامله.

### المقاومة

كلما ازدادت المقاومة في دائرة يقل التيار الساري فيها؛ وهكذا يمكن التحكم في التيار الساري في الدارة بمقوم متغير. في الرسم المقابل، يستخدم خافض الصباح مقارنا متغيرًا. يتألف من الغرافيت في قلم رصاص، لتغير نوع البصلة. إن تحرك الملامس الانزلاقي على طول القلب الغرافيتي يغير طول الكربون الذي يسري فيه التيار. فبزيادة طول الغرافيت في الدارة، تزداد المقاومة ويقل التيار فيخف نوع البصلة. المقومات المتغيرة الكبيرة المستخدمة لمثل هذا الغرض تدعى ناظمات التيار (ريوستاتات).



يسري تيار كبير إذا كانت المقاومة قليلة، فتتوهج البصلة بنور ساطع.

يسري تيار أقل إذا صارت المقاومة أكثر، فيخف توهج البصلة.

### مضبط الجهارة

مضبط الجهارة في جهاز راديو نموذجي هو مقاوم متغير ذو ملامس يتزلق على مسار كربوني عند إعمال المضبط. تسلط إشارة صوتية عبر المقاوم تُستخدم كلها أو جزء منها لإطلاق الصوت نغمة للمعايرة المضبط. وهذا النوع من المقومات المتغيرة يدعى مغزاة.



### محكام السرعة

محكام السرعة في بعض نماذج أطقم سيارات الشاف الكهربائية يُمكنك من التحكم في سرعة كل سيارة بمفردها. فعندما تضغط على الزناد، يتزلق ملامس على امتداد مقاوم متغير، موصول على التوالي بماخذ الإمداد ويأخذ السيارات. فإن خففت المقاومة تزداد سرعة التيار عبر محرك السيارة وتزداد، بالتالي، سرعتها.



### أندريه ماري أمبير

الرياضي والعالم الفرنسي أندريه أمبير (١٧٧٥-١٨٣٦) أجرى تجارب مهمة على التيارات الكهربائية. فأوجد للناس وسائل ميسرة لقياس شدة التيار الكهربائي الساري في دائرة كهربائية. وتقديرًا لإنجازاته سميت وحدة شدة التيار «الأمبير» باسمه. والأمير يعادل سريان إلكترون في الثانية.

حوالي ١٨١٠ ١٠ ١٨

### التوصيل على التوازي

عند وصل المقومات في دائرة على التوازي ينخفض مجمل المقاومة. وبذلك تزداد شدة التيار. ففي مضمار السيارات الكهربائية الذي يتم توصيل السيارات على التوازي؛ وكلما ازداد عددها ينخفض مجمل مقاومتها، ويزداد مجمل التيار من المصدر. والسيارات هنا مستقلة بعضها عن بعض، فإذا تعطلت واحدة منها تسير الأخرى في العمل.

بإستخدام المحكام اليدوي يمكنك تغيير شدة التيار الساري عبر محرك السيارة الدافئة عن طريق الشرائح المعدنية في المضمار.

مقاوم

محكام السرعة اليدوي

### لمزيد من المعلومات انظر

- الكهرباء الثابتة ص ١٤٨
- الكهرومغناطيسية ص ١٥٦
- الكهرباء في البيت ص ١٦١
- حقائق ومعلومات ص ٤١٠



# المَغْنَطِيسِيَّة

المَغْنَطِيسُ ليسَ دَبَقًا، لَكِنَّ الأجسامَ الحَديدِيَّةَ أو الفولادِيَّةَ الخفيفةَ تَعَلِّقُ بِهِ؛ فَهُوَ مُحَاطٌ بِمَجَالِ قُوَّةٍ لَامَرِّيَّةٍ (هِيَ مَجَالُهُ المَغْنَطِيسِي) يُؤَثِّرُ فِي مَوَادِّ مُعَيَّنَةٍ بِالقُرْبِ مِنْهُ. لِكُلِّ مَغْنَطِيسٍ قُطْبَانِ جَنُوبِيٌّ وَشَمَالِيٌّ؛ الأَقْطَابُ المِثْلَابِيَّةُ تَتَنَافَرُ وَالمُتَخَالِفَةُ تَتَجَادَبُ. فِي مَفْهُومِنَا العَادِي، نُطَلِّقُ لَفْظَةَ مَغْنَطِيسٍ عَلَى المَغْنَطِيسِ الدَائِمِ (الَّذِي يَحْتَفِظُ بِمَغْنَطِيسِيَّتِهِ)؛ لَكِنَّ أَيْ قِطْعَةً حَديدٍ تَتَمَغْنَطُ عَلَى مَقْرَبَةٍ مِنْ مَغْنَطِيسٍ فَتَكْتَسِبُ قُطْبَيْنِ شَمَالِيًّا وَجَنُوبِيًّا وَتُصْبِحُ مَغْنَطِيسًا. أَوَّلُ أَسْتِخْدَامَاتِ المَغْنَطِيسِ كَانِ فِي

البُوصَلَةِ المَغْنَطِيسِيَّةِ؛ وَاليَوْمَ تُسْتَعْدَمُ المَغْنَطِيسِيَّةُ فِي طَرِائِقَ وَمَجَالَاتٍ مُتَعَدِّدَةٍ.

## مَغْنَطِيسِيَّةُ الأَرْضِ

الْمِنْطَقَةُ المُحِيطَةُ بِالمَغْنَطِيسِ وَالتِي يُتَبَيَّنُ تَأْثِيرُهُ فِيهَا تَنْتَشِئُ مَجَالُهُ المَغْنَطِيسِي. وَلِلْأَرْضِ مَجَالٌ مَغْنَطِيسِي كَمَا لَوْ كَانَتْ فِي دَاخِلِهَا قُضْبٌ مَغْنَطِيسِي دَائِمٌ. وَيُعْزَى هَذَا الْمَجَالُ إِلَى اللَّبِّ المَرْكَزِيِّ الحَدِيدِيِّ فِي بَاطِنِ الأَرْضِ.



## البُوصَلَةُ المَغْنَطِيسِيَّةُ

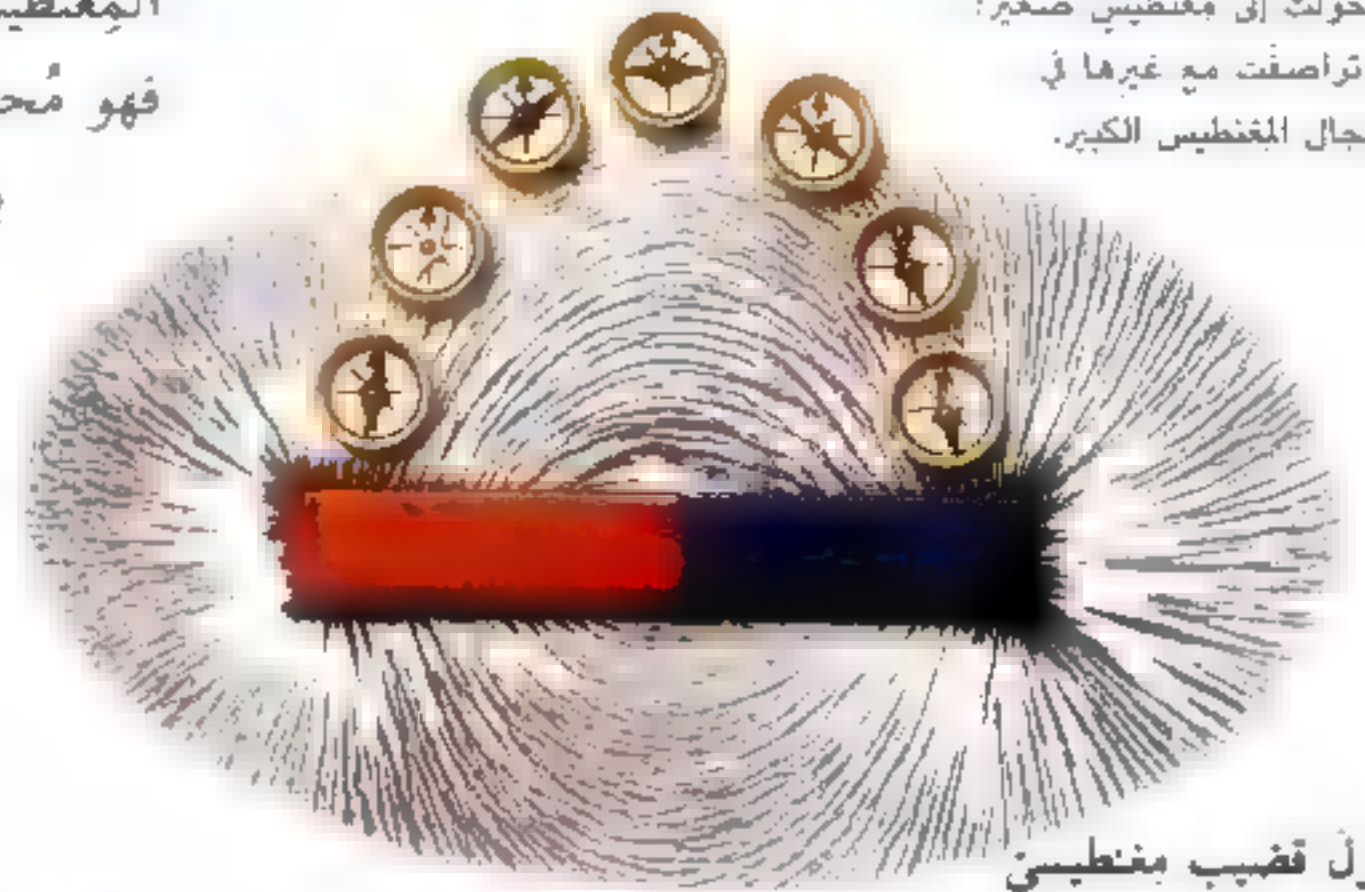
يَتَّخِذُ المَغْنَطِيسُ المَرْكَزُ عَلَى مَخَوَرٍ أَتَّجَاهَا شَمَالِيًّا جَوِيًّا بِتَأْثِيرِ مَجَالِ المَغْنَطِيسِ لِلْأَرْضِ. وَتُسْتَعْدَمُ هَذِهِ الظَّاهِرَةُ فِي البُوصَلَةِ المَغْنَطِيسِيَّةِ؛ لَكِنَّ عَلَى البَحَاثَةِ مُرَاعَاةُ أَنَّ البُوصَلَةَ تُشِيرُ فَعَلًا إِلَى القُطْبِ الشَّمَالِيِّ المَغْنَطِيسِيِّ لِلْأَرْضِ، الَّذِي لَا يَنْطَبِقُ مَوْقِعُهُ تَمَامًا مَعَ القُطْبِ الشَّمَالِيِّ الجُغْرَافِيِّ.

## الأَقْطَابُ

لِكُلِّ مَغْنَطِيسٍ قُطْبَانِ شَمَالِيٌّ وَجَنُوبِيٌّ - تَبَعًا لِاتِّجَاهِ الَّذِي يَتَّخِذُهُ بِالنَّسْبَةِ لِقُطْبِي الأَرْضِ المَغْنَطِيسِيِّينَ. الْمَعْرُوفُ أَنَّ الأَقْطَابَ الْمُتَضَادَّةَ تَتَجَادَبُ وَالأَقْطَابَ الْمُتَمِثِّلَةَ تَتَنَافَرُ. فَالْقُطْبُ الشَّمَالِيُّ لِلْبُوصَلَةِ يَتَّجِهُ نَحْوَ الشَّمَالِ لِأَنَّ نِصْفَ الكُرَةِ الشَّمَالِيَّةِ ذُو قُطْبٍ مَغْنَطِيسِيٍّ جَنُوبِيٍّ. يُمْكِنُ تَبَيَّنُ قُوَّةِ التَّجَادُبِ وَالتَّنَافُرِ بَيْنَ المَغْنَطِيسَاتِ بِإِرَادَةِ الحَدِيدِ.



كُلُّ قِطْعَةٍ مِنْ بِرَادَةِ الحَدِيدِ تَحْوِلُكَ إِلَى مَغْنَطِيسٍ صَغِيرٍ؛ وَتَرَاوَعَتْ مَعِ غَيْرِهَا فِي مَجَالِ المَغْنَطِيسِ الكَبِيرِ.



## حَوْلَ قُضْبٍ مَغْنَطِيسِيٍّ

تَنْتَظِمُ بِرَادَةُ الحَدِيدِ حَوْلَ قُضْبٍ مَغْنَطِيسِيٍّ فِي سَطْحٍ مُعَيَّنٍ دَائِمًا، مُظْهِرَةً لِلْعَيْنِ مَجَالَهُ المَغْنَطِيسِي. تُبَيَّنُ خُطُوطُ الْمَجَالِ أَتَّجَاهَ إِبْرَةِ البُوصَلَةِ عِنْدَ وَضْعِهَا قُرْبَ المَغْنَطِيسِ. إِذَا إِنَّ تَأْثِيرَ الْمَجَالِ المَغْنَطِيسِيِّ لِلْأَرْضِ عَلَيْهَا حَبِيزٌ قَلِيلٌ جَدًّا نَسْبِيًّا لِشِدَّةِ قُرْبِهَا مِنْ قُضْبِ المَغْنَطِيسِ.



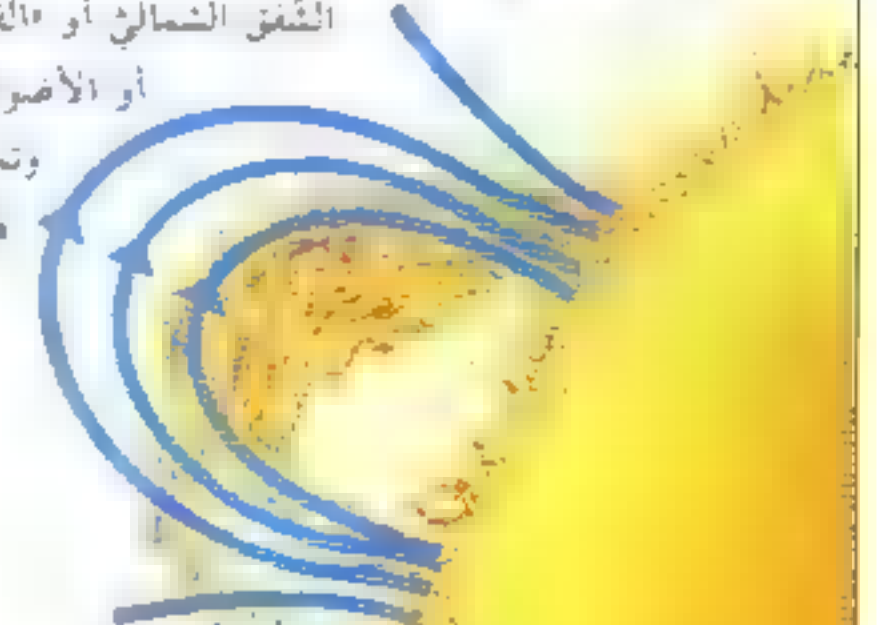
## الشَّفَقُ القُطْبِي

يَجْذُبُ القُطْبَانِ المَغْنَطِيسِيَّانِ لِلْأَرْضِ الجُسيمَاتِ المشحونةَ المُتَنَعِّةَ مِنَ الشَّمْسِ. عِنْدَمَا تَصْدِمُ هَذِهِ الجُسيمَاتِ الجُسيمَاتِ الغَازِيَّةَ فِي الجَوِّ يَنْشَعُ ضَوْءٌ مُلَوَّنٌ. فِي نِصْفِ الكُرَةِ الشَّمَالِيَّةِ يَرَى عَرَضُ الأَصْوَاءِ المُلَوَّنَةِ البَهِيَّةِ هَذَا فِي الْمَنَاطِقِ القَرِيبَةِ مِنَ القُطْبِ الشَّمَالِيِّ، وَيُدْعَى الشَّفَقُ الشَّمَالِيَّ أَوْ «الشَّفَقُ الشَّمَالِي».

أَوْ الأَصْوَاءُ القُطْبِيَّةُ الشَّمَالِيَّةُ.

وَتَحْدُثُ هَذِهِ الظَّاهِرَةُ

فِي نِصْفِ الكُرَةِ الجَنُوبِيِّ أَيْضًا.



## الشَّوَارِطُ الشَّمْسِيَّةُ

بِأَسْتِخْدَامِ تِلْكَوَيَاتٍ خَاصَّةٍ، يَسْتَطِيعُ الْفَلَكَايُونُ تَصْوِيرَ أُنْدَاقَاتِ غَازِ الهَيْدْرُوجِينِ المُتَوَشِّجَةِ عَلَى بُعْدِ مِثَالِ أَلْفِ الكِيلُومِترَاتِ فَوْقَ سَطْحِ الشَّمْسِ؛ وَتُدْعَى هَذِهِ الشَّوَارِطُ الشَّمْسِيَّةُ. وَيَحْوِي الغَازُ المُتَدَفِّقُ مِنْ هَذِهِ الشَّوَارِطِ جُسيمَاتٍ مُشْحُونَةً مُتَحَرِّكَةً. تَتَأَثَّرُ بِمَغْنَطِيسِيَّةِ الشَّمْسِ الْهَائِلَةِ. فَالشَّوَارِطُ الشَّمْسِيَّةُ الْهَائِلُ الْمِيَّيْنِ هُنَا يَرْتَفِعُ بِفَعْلِ القُوَّةِ المَغْنَطِيسِيَّةِ.



## ماهية المغناطيسية

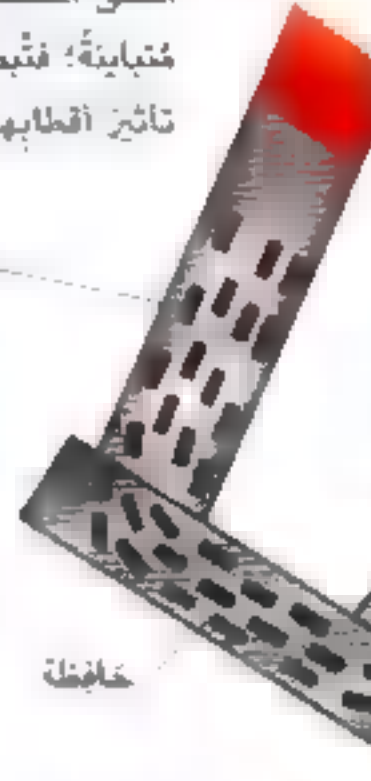
المعتقد علمياً أنه داخل قطعة من الفولاذ مثلاً، هناك أحوازٌ مُمغنطة فائقة الدقة تدعى نُطْقاً. تتخذ هذه النُطقُ المُمغنطة اتجاهاتٍ متباينة، فيبطل بعضها مفعول البعض الآخر، وتظلُّ قطعة الفولاذ غيرَ مُمغنطة. أما إذا اتخذت هذه النُطقُ المُمغنطة اتجاهاً موحداً، فإن قطعة الفولاذ تصبح مغناطيساً قطبيه الشمالي في الطرف الذي تتجه نحوه الأقطاب الشمالية لتلك النُطق؛ ويصبح الطرف الآخر قطباً جنوبياً.



الدَّاراتُ  
المَغناطِيسِيَّة

يفقد المغناطيس  
مغناطيسيته تدريجياً

إذا ما ترك على حاله، لأن نُطقه المُمغنطة قد تنجرف عن مواقعها (بخاصة إذا سخن المغناطيس أو رُج بعنف) ونفقد تماثلها. ولمنع حدوث ذلك نوضع قطعة حديد، تسمى حافظلة، بين قطبي المغناطيس النُضوي (واثنان بين كل من القطبين المتباينين لقصبي مغناطيسين) بحيث تبقى النُطق المُمغنطة في المغناطيس مشدودة في تماثلها، بعضها إلى بعض في ما يسمى دائرة مغناطيسية. هذه الترتيبات بالحافظات تمنع فقدان المغناطيسية.



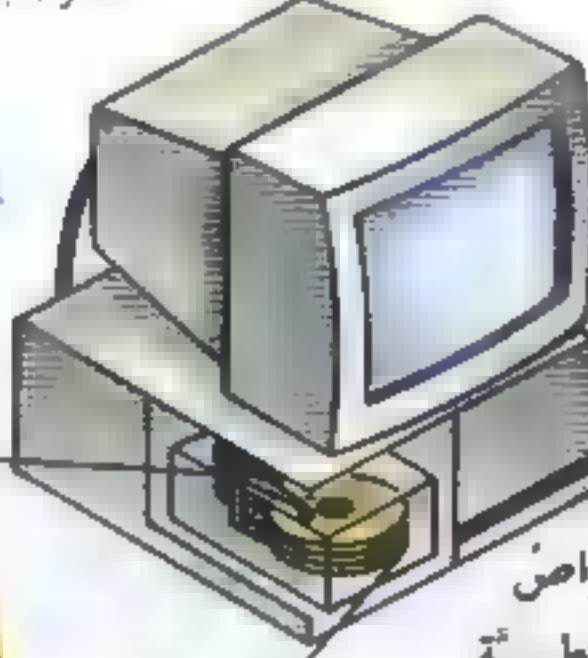
النُطقُ المغناطيسيَّة  
الدقيقة تحتفظ  
بترابطها بعضها  
بالنسبة إلى  
بعض.

## مغناطيس البرادات

تعلق على البرادات أحياناً بطاقات أو صور، للتذكير أو الزينة، بمغناطيس صغيرة. فالمغناطيس الصغير يشدُّ البطاقة أو الورقة أو الدببة الصغيرة إلى حديد البراد لأن تأثير القوة المغناطيسية يعمل عبر المواد التي لا تمتص. في الوقت نفسه يعمل جدار البراد (أو التلاجة) كحافظلة تصون مغناطيسية المغناطيس.



تُخزن المعلومات على الأقراص  
كنبضات مغناطيسية تمثل واحداً  
(بالزئذ) أو صفراً (بالقلم).



## الأقراص المَغناطِيسِيَّة

نخزن الحواسيب معلومات شتى على أقراصٍ لدائنية مغناطيسية ببطءٍ قابلةٍ للمُغنط. تدخل النُطقات إلى الحاسوب على شكل إشارات كهربية كما في المنجلة الشريطية. فيقوم القرص ويترمز رأس التسجيل فوق سطحه نحولاً الإشارات الكهربائية إلى نبضات مغناطيسية تترك المعلومات مخزنة على القرص كأنماط مغناطيسية.



التسجيل يُؤتث النُطق المغناطيسية  
في أنماط شعاعية، تتساوئ مع  
أنماط الإشارات الصوتية.

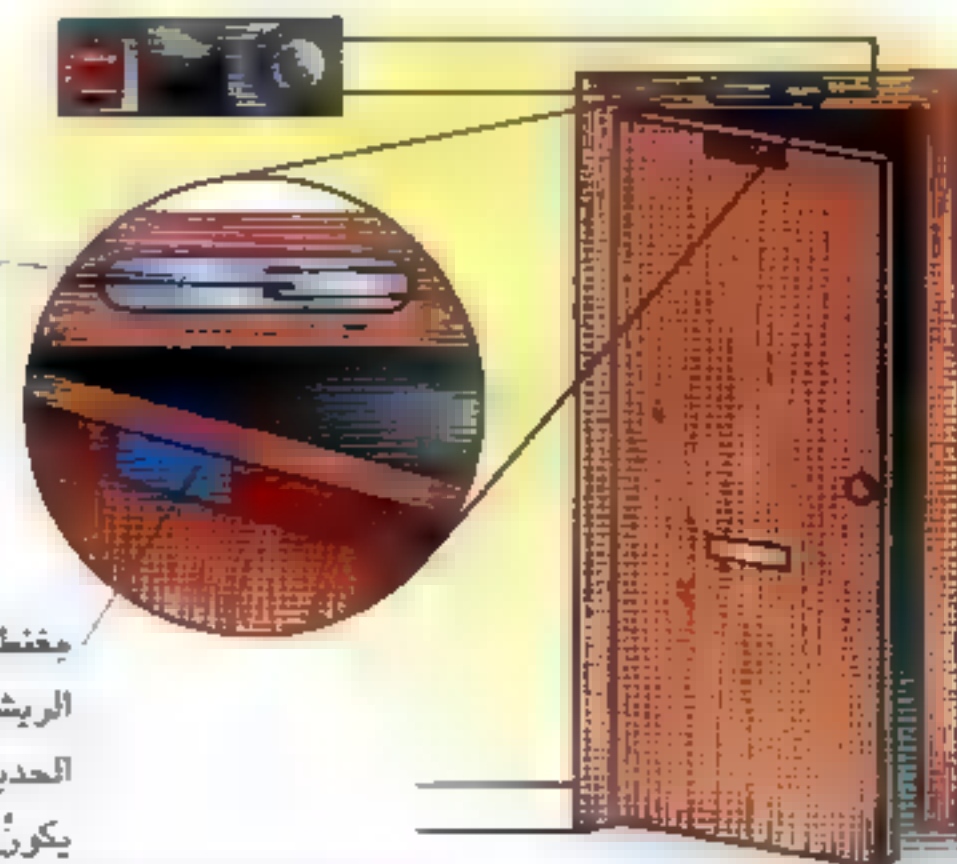
إشارات صوتية

رأس تسجيل وأستعادة  
ذو مسار كهربومغناطيسي  
مزودج

شريط جديد أو سبق مسحه بواسطة مجال مغناطيسي متناوب عالي التردد يستبدل بالإشارات المنجلة سابقاً على الشريط إشارات غير ضسومة عالية التردد.

## جرس إنذار ضد السطو

يُرْكَب على أعلى الباب (من الداخل) مغناطيس دائم ومفلاذ ريشي التصل على الإطار. عندما يكون الباب مغلقاً، تنضم شريحتا الحديد المغناطيسيتان المغنوتان بتأثير المغناطيس. وعند فتح الباب، يبتعد المغناطيس، فترتد الشريحة المركزية خلفاً لتتمس الملامس المعدني اللاصقي تحتها، مكتملة الدارة الكهربائية، فيقرع جرس الإنذار.



مفلاذ ريشي التصل ذو  
ريشة حديدية وفلايس  
خديد غير موصول (فوق)  
وفلايس موصول من  
معدن لا يتمغنط (تحت).

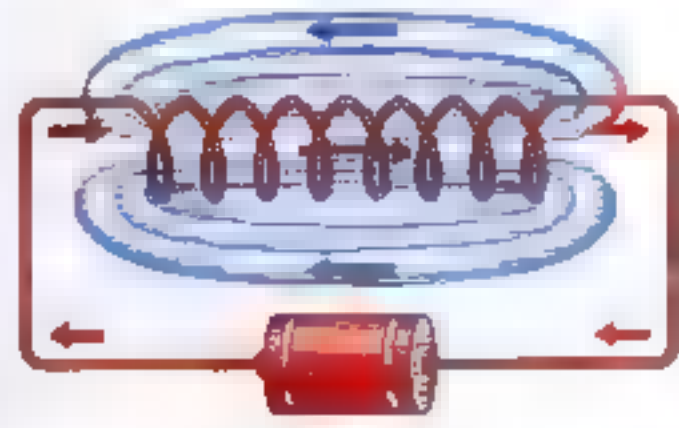
مغناطيس دائم على الباب يشد  
الريشة الحديدية إلى الملامس  
الحديدي غير الموصول عندما  
يكون الباب مغلقاً.

## لزيدي من المعلومات انظر

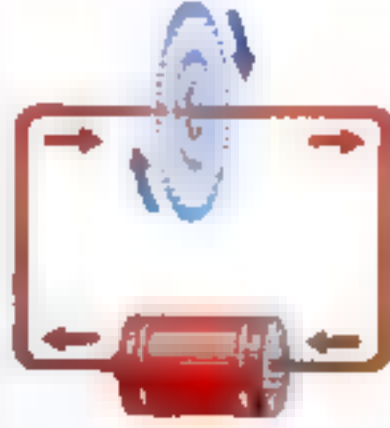
- الفلزات الانتقالية ص 36
- الكهرمغناطيسية ص 106
- المحركات الكهربائية ص 108
- المولدات ص 109
- بنية الأرض ص 212
- الشمس ص 284
- حقائق ومعلومات ص 410



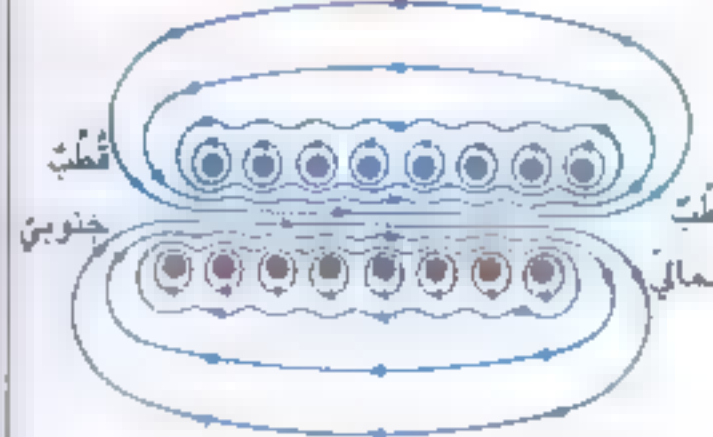
# الكهرمغناطيسية



يُولَدُ التَّيَّارُ  
الكهربائي مجالاً  
مغناطيسياً. فإذا  
كان اتجاه التيار  
أبشعاً عندك،  
يكون المجال باتجاه  
غراب الشاة.



عندما يسري تيار  
كهربائي في ملف  
سلكي، يُولَدُ مجال  
مغناطيسي حوله  
شبيه بمجال  
قضيب المغناطيس.

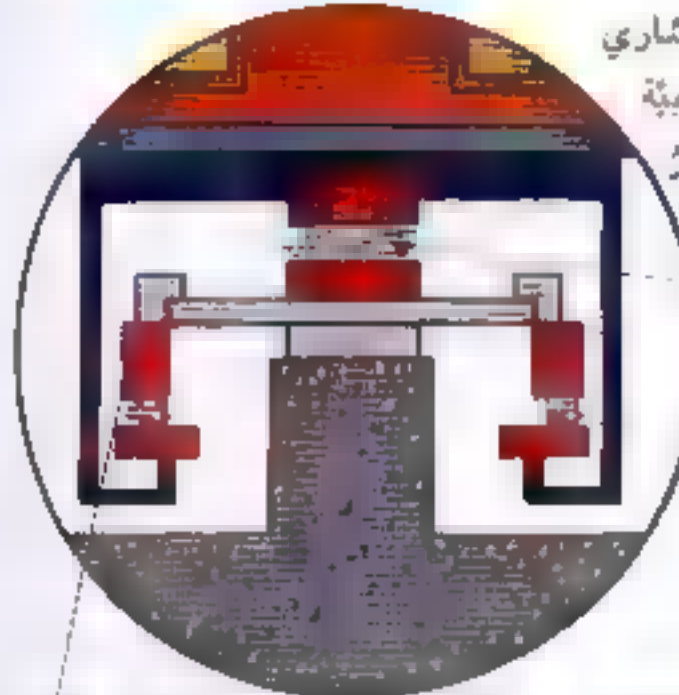


## المجال حول ملف سلكي

تُجَدُّ المجالات المغناطيسية حول لفائف الملفات  
ليكون مجالاً أقوى. وللفائف السلكية قطبان  
شمالي وجنوبي كقضيب المغناطيس.

## المجال حول سلك يحمل تياراً

يُولَدُ مجال مغناطيسي حول سلك يسري فيه  
تيار كهربائي. ويمكن الكشف عنه باستخدام  
برادة الحديد أو البوصلة المغناطيسية.



تُضَبِّطُ شدة التيار الساري  
غير المغناطيسات الكهربائية  
أوتوماتيكياً ليبقى القطار  
سابقاً على القلوة  
الصحيح.



يُتَّصَلُ قضيباً سلكياً بحويان مغناطيسات كهربائية  
بجانبي المسار؛ ومغناطيسات القطار الكهربائية  
تعمل باتجاههما.

## التوسيد المغناطيسي

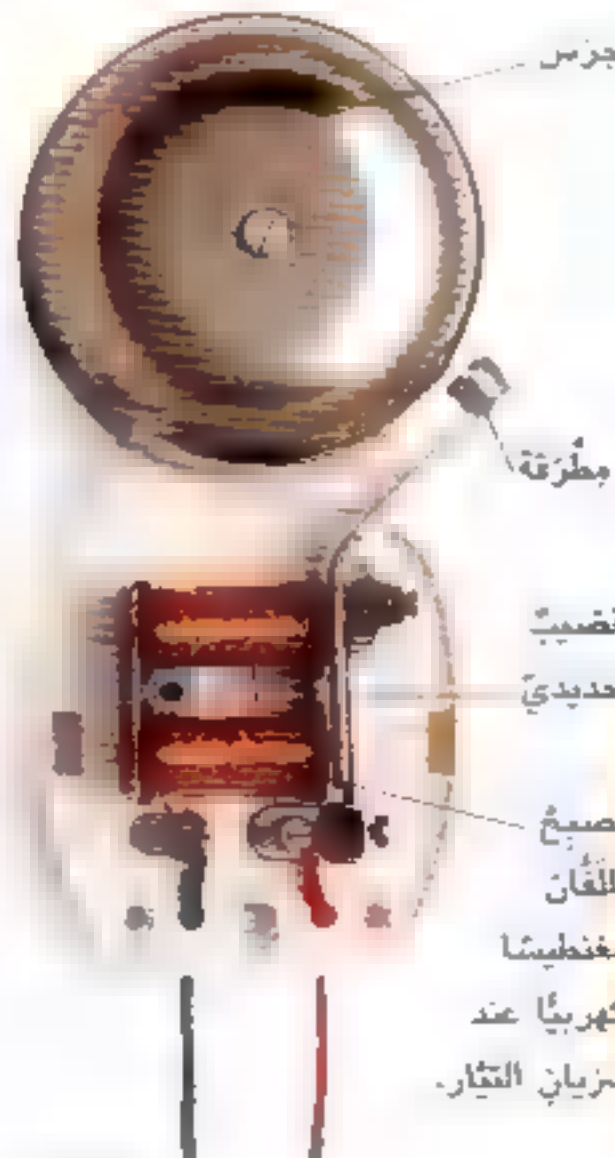
توفر بطارات التوسيد المغناطيسي (الطاقة مغناطيسياً) رحلة هادئة سلسة. هذه  
البطارات لا تدرج على سلك حديدي بل «تطفو» فوقها بالتوسيد الكهرمغناطيسي. يسري التيار عبر المغناطيسات  
الكهربائية في المسار وفي مغناطيسات القطار، فيُولَدُ مغناطيسية ترفع القطار عن الخط (بالتوسيد المغناطيسي).

## هانز كريستيان أورستد

لاحظ الكيميائي  
والفيزيائي الدانمركي،  
هانز كريستيان أورستد  
(1777-1851)، أثناء



تجاربه على بعض الأجهزة  
الكهربائية، عام 1820، أنه عند  
إمرار تيار قوي في سلك انحرفت إبرة البوصلة  
القريبة منه، ولم تعد تشير إلى الشمال. فأدرك أن  
التيار الكهربائي وَلَدَ مغناطيسية أثرت على اتجاه  
الإبرة؛ وهكذا اكتشف أورستد العلاقة بين  
الكهرباء والمغناطيسية (الكهرمغناطيسية).



## سقاطة (مزلاج) الباب

يمكنك فتح الباب الخارجي من غير موقعه إذا كان مُجهَّزاً بسقاطة  
كهرمغناطيسية يتحكم بها ملف لولبي. فعند كنس زر من داخل  
البيت، يسري التيار عبر الملف اللولبي، ويُولَدُ مغناطيسية تسحب  
السقاطة الحديدية إلى داخل الملف، فيفتك الزائر من فتح الباب.  
بعدئذٍ بعيداً نابض خاص السقاطة ليرتج الباب.

## جرس الباب

جرس الباب الكهربائي يعمل بالكهرمغناطيسية  
(الكهرمغناطيسية). فعندما يرن زائر الجرس،  
يسري التيار عبر المغناطيس الكهربائي، فينجذب،  
بمجاله المغناطيسي، قضيب حديدي متصل  
بمطرقة ويقرع الجرس. حركة القضيب المطرفي  
هذه تقطع الدارة، فتزول مغنطة المغناطيس  
الكهربائي ويرتد القضيب الحديدي إلى موقعه  
معيذا وصل الدارة. وتكرر هذه العملية بسرعة  
بحيث يُسمع زنين الجرس متواصلًا.





## مِغْنَطِيسٌ كَهْرَبِيّ

تزداد قوة المجال المغناطيسي للملف بوضع قلب حديدي داخله. فإذا لفقت مثلا، عدة لفات من سلك نحاسي معزول حول مشمار حديدي، تحصل على مِغْنَطِيسٍ كَهْرَبِيٍّ قوي. ومن الضروري أن يكون السلك معزولا كي لا يتخطى التيار اللفات السلكية ويمر في المسمار. وصل مِغْنَطِيسَكَ الكهربي ببطارية مصباح جيب، واختبره بالقطب أجسام حديدية أو فولاذية صغيرة به.

ملف من سلك نحاسي معزول ملفوف حول مشمار حديدي

عند وصل الملف بالبطارية يصبح المشمار مغناطيسا ويستطيع التقاط مشابك الورق ودبابيس الرسم الفولاذية.

## جراحة العين

يستخدم طبيب العيون مِغْنَطِيسًا كهربيا لإزالة شظية فولاذية من عين مصابة. فتعزل تركيز المِغْنَطِيس الكهربي في الموقع الصحيح، يمرر تيارا كهربائيا غيره، فتجذب المِغْنَطِيسية الشظية من العين.



بأستخدام المِغْنَطِيس الكهربي يستطيع الطبيب إزالة شظية بشرية بدقة أكثر من إزالتها يدويا.

ترسل ذبذبات البوق المخروطي إشارات صوتية عبر الهواء.

## مِغْيَارُ الْوَقُودِ فِي السَّيَّارَةِ

يُقيسُ الكهرمِغْنَطِيسُ لِسَاقِي السَّيَّارَةِ مقدار الوقود المتبقي لديه. في مِغْيَارِ الْوَقُودِ يتركز مِغْنَطِيسٌ كَهْرَبِيٌّ داخل مِغْنَطِيسٍ دائم، وعندما يسري تيار عبر المِغْنَطِيس الكهربي يتعطف هذا، نحو المِغْنَطِيس الدائم، بمقدار يعتمد على شدة التيار. في داخل خزان الوقود، تحرك عامة مقاومة متغيرة يحكم سريان التيار في مِغْيَارِ الْوَقُودِ. فعندما يكون مستوى الوقود عاليا، يسري تيار عالي نسبيا انجرافا كبيرا في مؤشر المعيار.



خزان الوقود

قلب شمالي

قلب جنوبي

مِغْنَطِيسٌ دائم

بطارية

تنضبط القاعة وضعية المقاومة المتغيرة

يُنْغْنِطُ التَّيَّارُ الْمَلْفَ مُسْتَجِيبًا تحرك المؤشر.

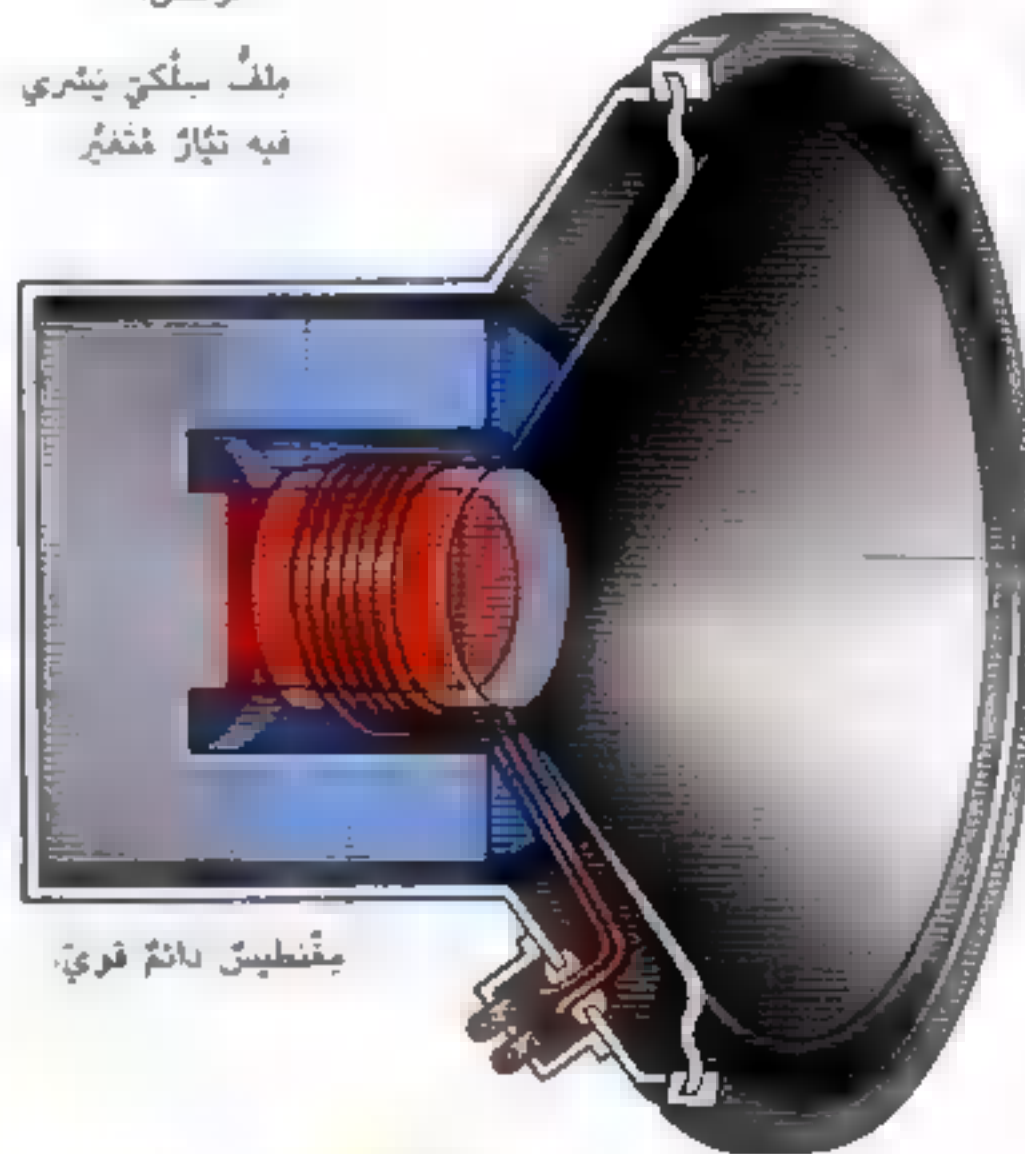
## مَكَّةُ الْبَيْعِ

كما تولد الكهرباء مِغْنَطِيسِيَّةً، كذلك يُمكن للمِغْنَطِيسِيَّةِ أَنْ تُولَّدَ كهرباء. ونستخدم هذه الظاهرة لنعرف القطع النقدية في مكئات البيع. في هذه المكئة تمر القطعة النقدية عبر مجال مِغْنَطِيسِيّ يستحث تيارا كهربائيا فوريا فيها. وهذا التيار يُولَّدُ بدوره مجالًا مِغْنَطِيسِيًّا يُغْنِي حركَةَ القطعة النقدية. القطع النقدية الأصلية تُبْقَى بالقدر الصحيح لتسقط في قسم تالي من المكئة، أما القطع الزائفة فتسقط في مزلق الرُفْضِ.

تُبْقَى بعض القطع النقدية الزائفة المعدن أكثر من الأصلية، فتسقط في مزلق الرُفْضِ.

تُبْقَى القطع النقدية الصحيحة المعدن بالقدر الذي يُمكنها من تخطي مسقط الرُفْضِ إلى قسم التدقيق التالي في المكئة.

ملف سلكي ينثري فيه تيار ففغفر



مِغْنَطِيسٌ دائم قوي.

شفت إيلاج القطع النقدية في المكئة.

يُولَّدُ هذا المِغْنَطِيسُ الكهربي مجالًا مِغْنَطِيسِيًّا عالي التردد.



تستخدم مكئة البيع الكهرمِغْنَطِيسِيَّةُ لنعرف القطع النقدية الأصلية.

الأجسام غير المعدنية لا تُبْقَى، فترتطم بالصفيحة القلبي وتسقط في مزلق الرُفْضِ.

## المِجْهَارُ (مُكَبِّرُ الصَّوْتِ)

يحوّل المِجْهَارُ الإشارات الكهربائية إلى أمواج صوتية. تمر الإشارات عبر ملف، حول رقية بوق مخروطي ورفق، يعمل كمِغْنَطِيسٍ كَهْرَبِيٍّ، على مقربة من مِغْنَطِيسٍ دائم قوي. عندما يسري التيار في اتجاه معين، تدفع القوى المِغْنَطِيسِيَّةُ البوق المخروطي والمِغْنَطِيس الكهربي إلى الخارج. وعندما يسري التيار في الاتجاه المضاد، يجذب البوق المخروطي إلى الداخل؛ وذبذبات البوق المخروطي هذه تولد أمواجًا صوتية.

## كاشِفُ الْفِلْزَاتِ

في بعض المطارات، قد يتوجب عليك المرور عبر مجارٍ فنتري كاشِفٍ لِلْفِلْزَاتِ في طريقك إلى الطائرة. توجد داخل المجارٍ ملفات سلكية كبيرة تحمل تيارا كهربائيا. فإذا عبر شخص يحمل مسدسا مثلا، يُغْيَرُ فِلْزُ الْمُسَدَّسِ كهرمِغْنَطِيسِيَّةَ الملفات؛ فيكتشف المجار هذا التغيير ويُطلق الإنذار.



## لزيادة من المعلومات انظر

- الكهرباء الثباتية ص ١٤٨
- المِغْنَطِيسِيَّةُ ص ١٥٤
- الصوت ص ١٧٨
- حقائق ومعلومات ص ٢١٠



# المُحَرِّكَاتُ الكَهْرَبَائِيَّةُ

تُشيرُ الإبهامُ إلى  
اتِّجاهِ حَرَكَةِ السُّلْكِ.

تُشيرُ السُّبَّابَةُ إلى اتِّجاهِ  
المِجَالِ المِغْنَطِيسِيِّ

تُشيرُ الوَسْطَى  
إلى اتِّجاهِ التَّيَّارِ  
الكَهْرَبَائِيِّ.

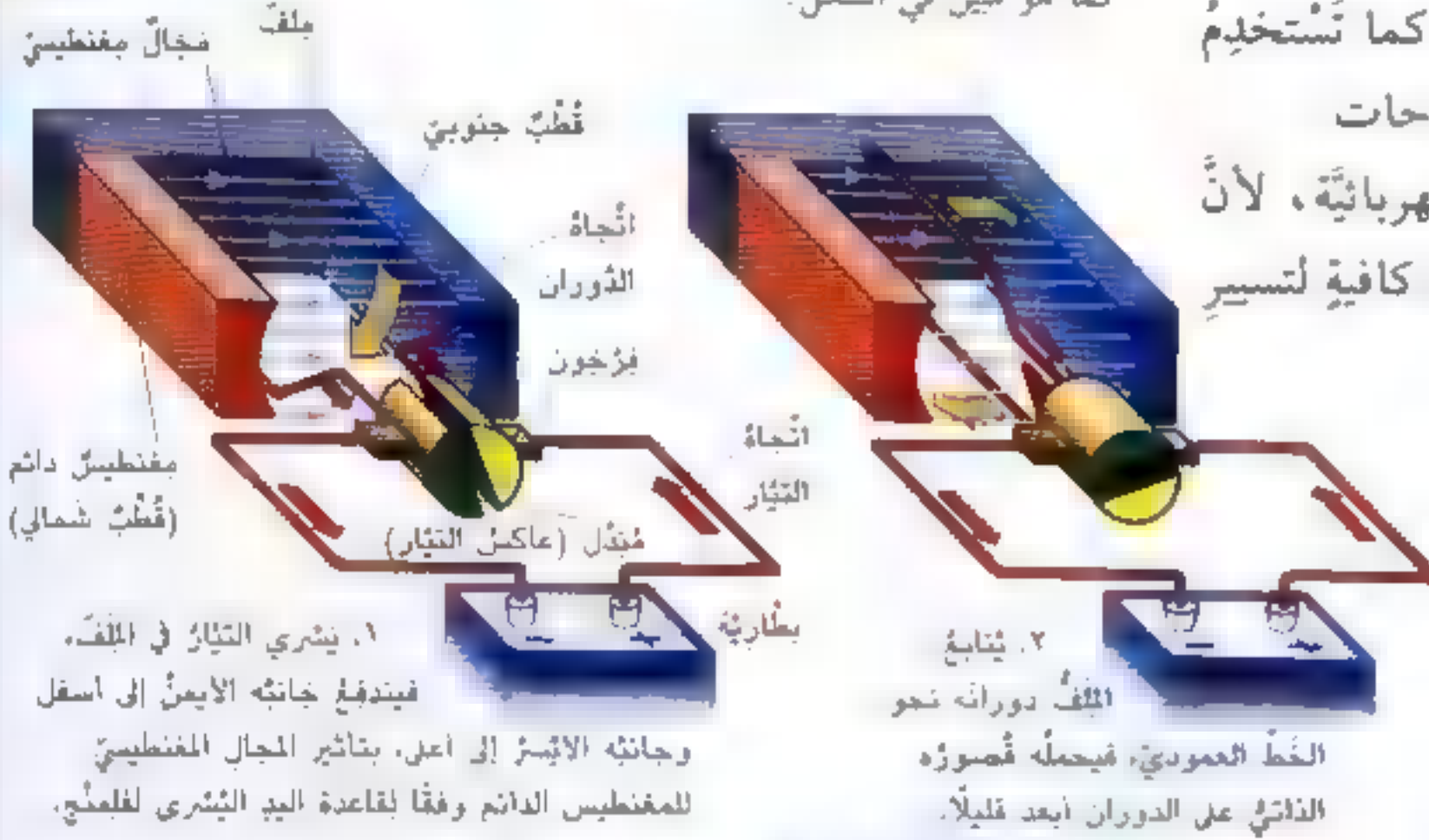
## قَاعِدَةُ اليَدِ الْيُسْرَى

يُمْكِنُكَ تَحْدِيدُ اتِّجَاهِ الحَرَكَةِ لِسُلْكٍ  
يَحْمِلُ تَيَّارًا كَهْرَبَائِيًّا فِي مِجَالٍ  
مِغْنَطِيسِيٍّ بِتَطْبِيقِ قَاعِدَةِ اليَدِ الْيُسْرَى  
لِلْفَلِجِ. لِجَعْلِ الإِبْهَامِ والسُّبَّابَةِ  
وَالْوَسْطَى مِنْ أَصَابِعِ يَدِكَ الْيُسْرَى فِي  
وَضْعٍ مُتَعَامِدٍ إِحْدَاهَا مَعَ الْآخَرَتَيْنِ،  
كَمَا هُوَ مُبَيَّنٌ فِي الشَّكْلِ.

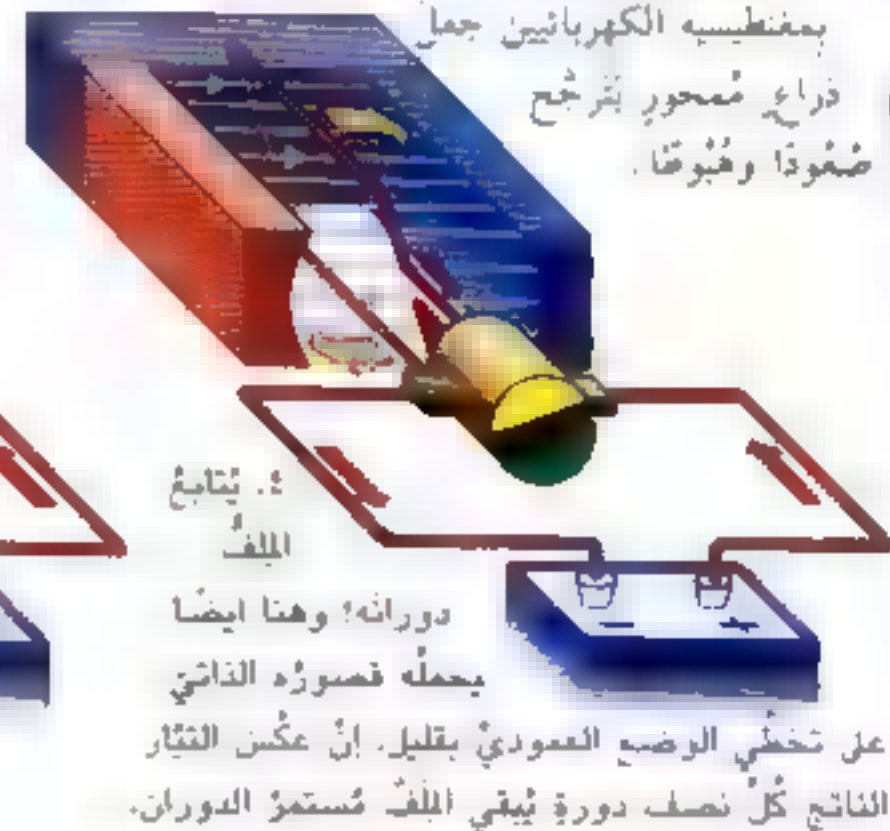
الكثيرُ من المَكِينَاتِ الَّتِي نَسْتَخْدِمُهَا يَوْمِيًّا تُشْغَلُ بِمُحَرِّكِ كَهْرَبَائِيِّ. وَهُوَ مُحَرِّكٌ يَحْوُلُ الطَّاقَةَ الكَهْرَبَائِيَّةَ إِلَى حَرَكَةٍ اعْتِمَادًا عَلَى حَقِيقَةٍ أَنَّ السُّلْكَ حَامِلَ التَّيَّارِ يُؤَلِّدُ مِجَالًا مِغْنَطِيسِيًّا؛ وَهُوَ، فِي مِجَالٍ مِغْنَطِيسِيٍّ آخَرَ، يَتَعَرَّضُ لِقُوَّةٍ يُمَكِّنُ أَنْ تُنتِجَ حَرَكَةً. الْمُحَرِّكَاتُ الكَهْرَبَائِيَّةُ مَصَادِرُ قُدْرَةٍ مُرَبِّحَةٍ لِأَنَّهَا نَظِيفَةٌ وَهَادِئَةٌ نَوْعًا، وَمُتَعَدِّدَةٌ الِاسْتِعْمَالَاتِ. لِذَا تُسْتَخْدَمُ فِي تَشْغِيلِ الغَسَّالَاتِ وَالخَلَّاطَاتِ وَالْمُسْجَلَاتِ الْفِيدْيُوَّةِ وَمَعَارِيفِ الْأَسْطُوَانَاتِ وَغَيْرِهَا. كَمَا تُسْتَخْدَمُ السَّيَّارَاتُ مُحَرِّكَاتٍ كَهْرَبَائِيَّةً لِبَدْءِ الحَرَكَةِ وَتَشْغِيلِ مَسَاحَاتِ الزُّجَاجِ. لَكِنَّ قَلَّةً مِنَ السَّيَّارَاتِ فَقَطْ تَعْمَلُ بِمُحَرِّكَاتٍ كَهْرَبَائِيَّةٍ، لِأَنَّ الْبَطَّارِيَّةَ مِنْ حَجْمٍ عَمَلِيٍّ مَعْقُولٍ لَا تَسْتَطِيعُ اخْتِزَانُ طَاقَةٍ كَافِيَةٍ لِتَسِيرِ سَيَّارَةٍ عَصْرِيَّةٍ مَسَافَاتٍ طَوِيلَةٍ.

## جوزيف هنري

الْفِرْيَانِيُّ الْأَمْرِيكِيُّ جُوزَيْفُ هَنْرِي (١٧٩٧-١٨٧٨) قَامَ بِاكتِشَافَاتٍ مُهِمَّةٍ فِي مِجَالَاتِ الكَهْرَبِ مِغْنَطِيسِيَّةٍ. فَخَسَّرَ نِصَابَهُ فِي المِغْنَطِيسِ الكَهْرَبِيِّ، وَصَمَعَ أَوَّلَ مُحَرِّكٍ كَهْرَبَائِيٍّ عَامَ ١٨٢٩، اسْتَطَاعَ بِمِغْنَطِيسِيَّةِ الكَهْرَبَائِيِّينَ جَعْلَ ذِرَاعٍ مُدَوَّرٍ يَتَرَفَّعُ صُغُورًا وَهُبُورًا.



٢. يَتَابِعُ الْمَلْفُ دَوْرَانَهُ نَحْوَ الْخَطِّ الْعَمُودِيِّ، فَيَحْمِلُهُ قُصُورُهُ الذَّائِقِي عَلَى الدَّوْرَانِ أَبْعَدَ قَلِيلًا.



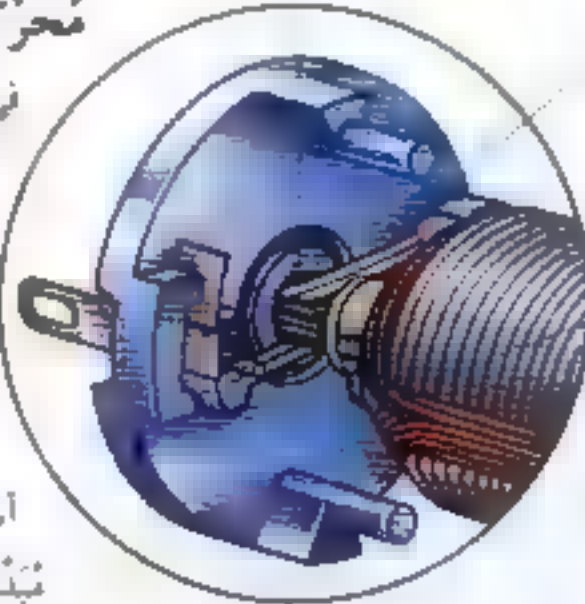
## مُحَرِّكٌ بَسِيطٌ

فِي الْمُحَرِّكِ الكَهْرَبَائِيِّ الْبَسِيطِ يَتِمُّ إِمدَادُ الْمَلْفِ بِتَيَّارٍ مُسْتَمِرٍّ مِنْ قَضِييِ كَرْبُونِيٍّ قَصِيرَيْنِ هُمَا الْفِرْجُونَانِ. يَقَعُ الْمَلْفُ بَيْنَ قُطْبَيْ مِغْنَطِيسٍ دَائِمٍ شَمَالِيٍّ وَجَنُوبِيٍّ، حَيْثُ يَعْمَلُ تَأَثُّرُ مِجَالِي الْمَلْفِ وَالْمِغْنَطِيسِ الدَّائِمِ عَلَى دَفْعِ الْمَلْفِ لِلدَّوْرَانِ. وَلِتَوَاصِلَةِ الدَّوْرَانِ، يُعْكَسُ اتِّجَاهُ التَّيَّارِ فِي الْمَلْفِ كُلَّ نِصْفِ دَوْرَةٍ بِوَاسِطَةِ عَاكِسٍ لِلتَّيَّارِ يُدْعَى الْمُنْدَلُ. وَيَدَوَّرَانِ الْمَلْفُ الْمُسْتَمِرُّ، يَدَارُ الْمُحَرِّكُ.

يَتَلَقَّى الْمُنْدَلُ الْكَهْرَبَاءَ مِنَ الْفِرْجُونَيْنِ فَيَجْعَلُ الْمَلْفَاتِ السُّلْكِيَّةَ تَتَابِعُ دَوْرَانَهَا فِي الْإِتِّجَاهِ الصَّحِيحِ.

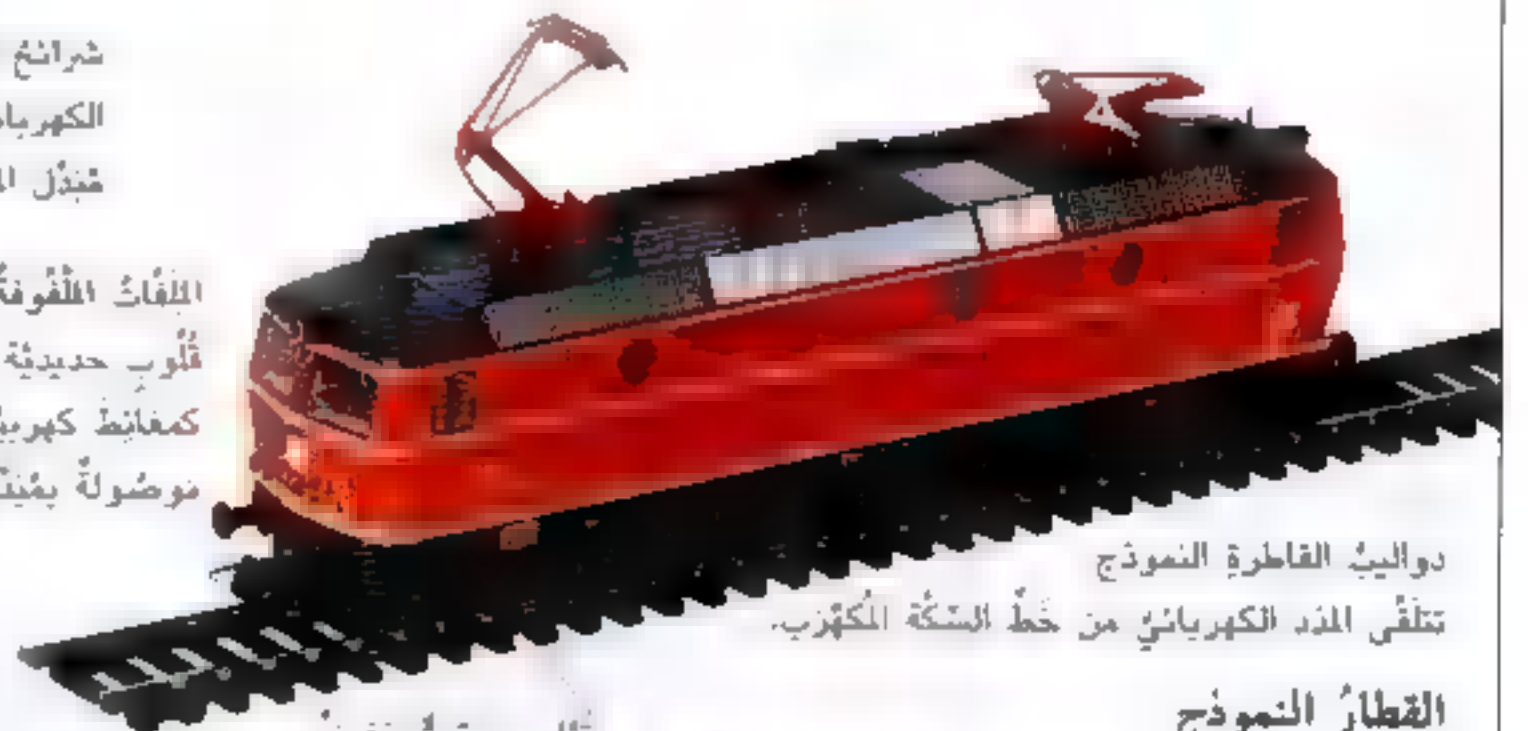
## مُحَرِّكَاتُ مُتَعَدِّدَةِ الْأَقْطَابِ

فِي الْمُحَرِّكِ الْبَسِيطِ، تَكُونُ قُوَّةُ التَّدْوِيرِ لِمَلْفٍ يَحْمِلُ تَيَّارًا هِيَ الْأَشَدُّ عِنْدَمَا تَكُونُ لِفَاتُهُ مُتَّسِمَةً مَعَ المِجَالِ المِغْنَطِيسِيِّ، وَالْأَضْعَفُ عِنْدَمَا تَكُونُ لِفَاتُهُ مُتَّعَامِدَةً مَعَ هَذَا المِجَالِ. لَكِنَّ مُعْظَمَ الْمُحَرِّكَاتِ الكَهْرَبَائِيَّةِ تُحَوِّي عِدَّةَ مَلْفَاتٍ تُنتِجُ قُوَّةَ تَدْوِيرٍ أَسْفَلَ. وَيُعْذَى التَّيَّارُ إِلَى الْمَلْفَاتِ بِوَاسِطَةِ مُنْدَلٍ مُتَعَدِّدِ الْقِطْعِ.



شَرَاخِجٌ فَلَزِيَّةٌ تُوَصِّلُ الْمَدَدَ الْكَهْرَبَائِيَّ مِنْ خَطِّ الشُّكَّةِ إِلَى مُنْدَلِ الْمُحَرِّكِ.

الْمَلْفَاتُ الْمَلْفُوفَةُ حَوْلَ قُلُوبٍ حَدِيدِيَّةٍ تَعْمَلُ كَمِغْنَطِيسٍ كَهْرَبِيَّةٍ، وَهِيَ مُوَصَّلَةٌ بِمُنْدَلِ الْمُحَرِّكِ.



## الْقَاطِرُ النَّمُودَجِ

يُسَيَّرُ مُحَرِّكُ كَهْرَبَائِيٍّ هَذِهِ الْقَاطِرَةِ النَّمُودَجِ. فَتَلَقَّى دَوَالِيْبُهَا الْكَهْرَبَاءَ مِنْ خَطِّ الشُّكَّةِ الْمُكَهْرَبِ بِوَاسِطَةِ أَسْوَاقٍ تَصِلُ الدَوَالِيْبَ بِشَرَاخِجٍ فَلَزِيَّةٍ تَلَامِسُ مُنْدَلِ الْمُحَرِّكِ. هُنَاكَ وَحْدَةٌ نَحْكُمُ بِمُكْنَهَا تَغْيِيرَ الْقِلَاطِيَّةِ الَّتِي يُعْذَى بِهَا خَطُّ الشُّكَّةِ. وَبِارْتِفَاعِ الْقِلَاطِيَّةِ يَشْتَدُّ المِجَالُ المِغْنَطِيسِي لِمَلْفَاتِ الْمُحَرِّكِ؛ وَهَذَا يَغْنِي دَوْرَانًا أَسْرَعَ لِلْمُحَرِّكِ وَزِيَادَةً فِي سُرْعَةِ الْقَاطِرَةِ.

تَيَّارٌ مُسْتَمِرٌّ خَفِيفُ الْقِلَاطِيَّةِ يُبْدُ خَطَّ الشُّكَّةِ.

مِغْنَطِيسٌ دَائِمٌ يُؤَلِّدُ مِجَالًا مِغْنَطِيسِيًّا تَدَوَّرُ فِيهِ الْمَلْفَاتُ السُّلْكِيَّةُ.



## لِزِيْدٌ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ انْظُرْ

- القُوَّةُ والحَرَكَةُ ص ١٢٠
- الْمُحَرِّكَاتُ ص ١٤٣
- الْكَهْرَبَاءُ التَّيَّارِيَّةُ ص ١٤٨
- الْكَهْرَبِ مِغْنَطِيسِيَّةُ ص ١٥٦
- حَقَائِقُ وَمَعْلُومَاتُ ص ٤١٠



# المولدات

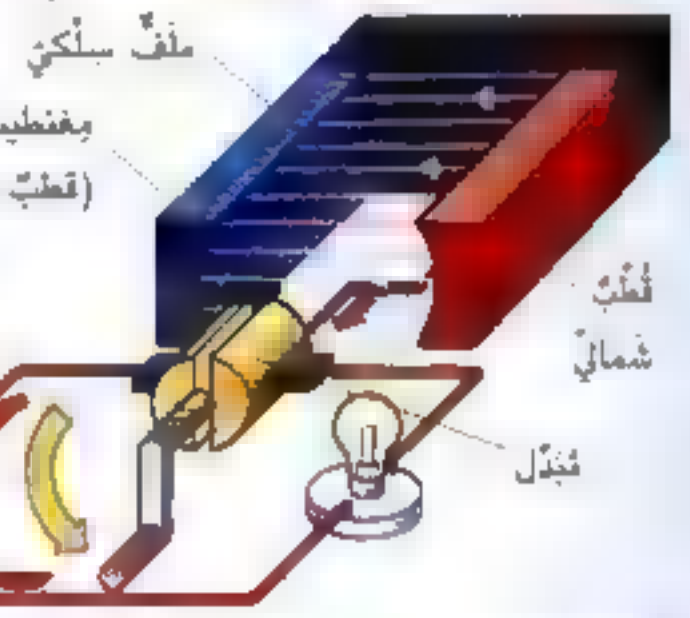
تُشيرُ الإبهامُ إلى  
اتجاه الحزكة.

تُشيرُ السَّبابةُ إلى  
اتجاه المجال  
المغناطيسي.

تُشيرُ الوُسْطى إلى اتجاه  
تريان التيار المُتولّد.

## قاعدة اليد اليمنى

بمُكنك تحديد اتجاه سريان التيار المُتولّد في مُوصّل عندما يتحرّك  
عُزّ مجال مغناطيسي بتطبيق قاعدة اليد اليمنى لفلمنج.  
ففي وضع التعامد الثلاثي لأصابع اليد اليمنى كما هو  
مُبين، تُشيرُ الإبهامُ إلى اتجاه الحزكة، والسَّبابةُ إلى  
اتجاه المجال، والوسْطى إلى اتجاه التيار المُتولّد.



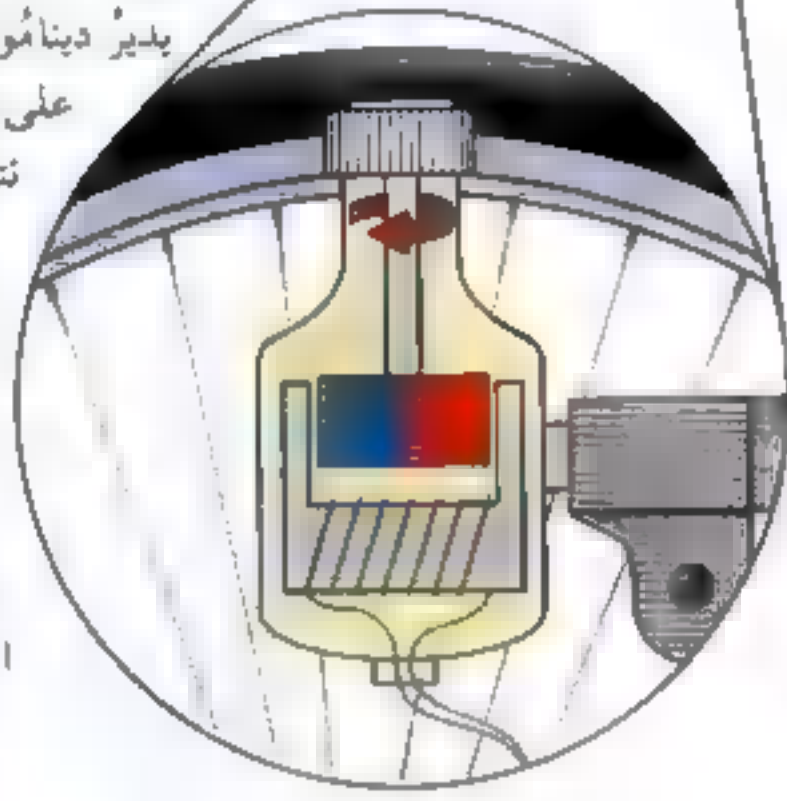
## مولد التيار المستمر

في مُولّد التيار المستمرّ هذا، يدار  
الملف بين قطبي مغناطيسي  
دائم؛ فيُفكّك اتجاه التيار  
المُتولّد في الملف كلّ  
نصف دورة، لأنّ كلّ  
جانب منه يمرّ بالتناوب ضوفاً ثمّ عموفاً  
عزّ المجال المغناطيسي. وهكذا فإنّ التيار  
الشاري في البُصلة هو تيار مُستمرّ، لأنّ  
المُبدّل يُبدّل التّوصيلات كلّ نصف دورة.



## دينامو الدراجة

يدير دينامو الدراجة دولاب صغير مُضَرَس يُضغَط  
على إطار عجلة الدراجة الخلفيّة. فعندما  
تتحرّك الدراجة، تدور العجلة ويدور  
معها دولاب الدينامو المُضَرَس  
مُدوّماً مغناطيساً دائماً قُرب ملفّ  
مَلْفُوف حوّل قلب حديدي. وبفعل  
تغيّر المجال المغناطيسي للمغناطيس  
الدائم، تتولّد الكهرباء في أسلاك  
الملفّ - أي إنّ التأثير الكهرومغناطيسي  
استحثّ فُلطية في الملفّ.



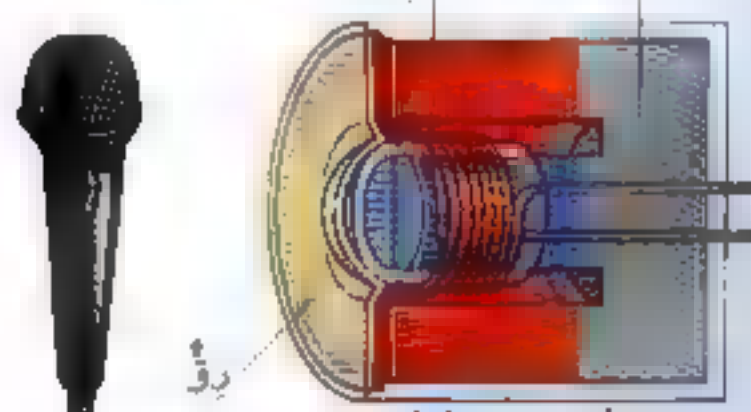
## المُتَوَب

المُولّد الذي يُنتج تياراً مُتردّاً يُدعى المُتَوَب. ففي  
النموذج البسيط المُقابل، يُدوّم ملفّ سلكي بين قطبي  
مغناطيس دائم؛ فيتولّد تيار في السلك يُحْمَل إلى البُصلة  
بواسطة فرجوني الكربون. ويتناوب التيار الشاري  
في الملفّ والبُصلة (مُغَيَّرًا اتجاهه)  
بأستمرار، فيُسمى تياراً مُتناوباً أو مُتردّاً.



يتولّد التيار المُستمرّ في نبضات  
تشاري باتجاه واحد فقط.

يتولّد التيار المُتناوب في تَمَوَّجات تشاري  
أولاً باتجاه، ثمّ في الاتجاه المُعاكس.

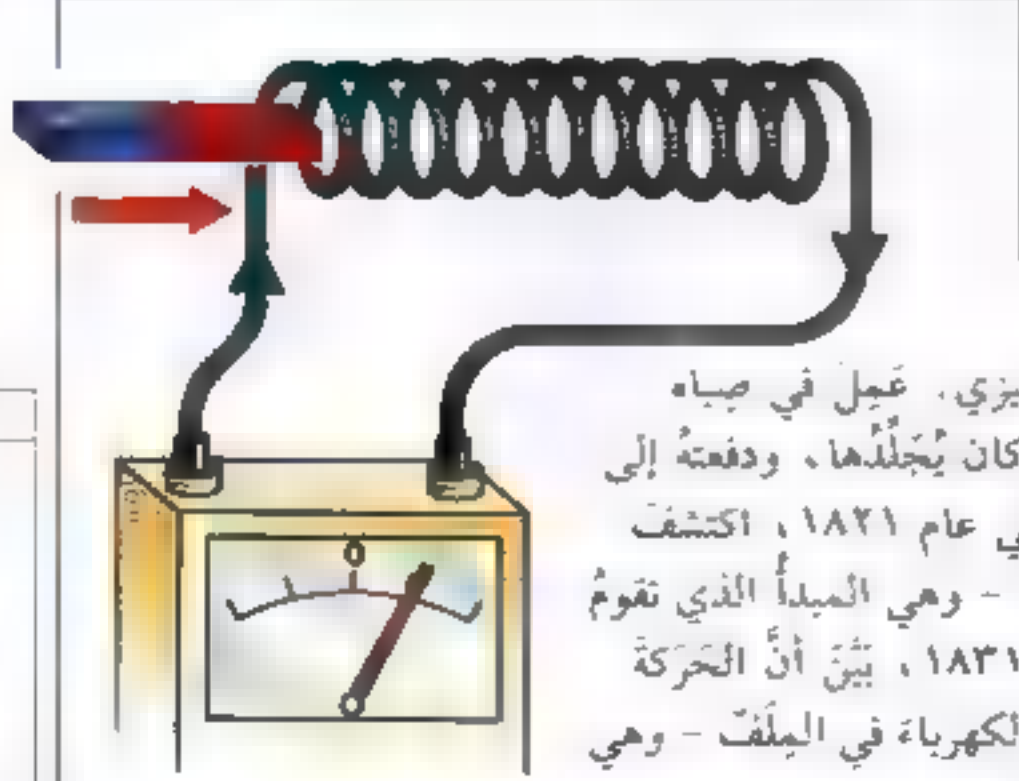


## ميكروفون ذو ملفّ متحرّك

يُولّد الميكروفون إشارات كهربائية من الأمواج الصوتية.  
ففي الميكروفون ذي الملفّ المتحرّك، تصدّم الأمواج  
الصوتية الرّق فتَهْزُ ملفّاً مُوضَعاً بين قطبي مغناطيس دائم.  
وهكذا فإنّ الفُلطية المُستحثّة في الملفّ تتغيّر شدّة وتردّدًا  
تعا لشدّة وتردّد الأمواج الصوتية.

## مايكل فارادي

مايكل فارادي (1791-1867) ابن حداد إنكليزي. عَمِل في صباه  
كُمَجَلِّد كُتُب؛ فأستهوته الكُتُب العلميّة التي كان يُجَلِّدها، ودفعته إلى  
دراسة الفيزياء فأنجَز فيها أكتشافات عدّة. في عام 1821، اكتشف  
فارادي إمكانية إنتاج حركة دورانيّة بالكهرباء - وهي المبدأ الذي تقوم  
عليه المُحرّكات الكهربائيّة اليوم. وفي عام 1831، بيّن أنّ الحزكة  
النشِبة بين مغناطيس وملفّ يُمكنها أن تُستحثّ الكهرباء في الملفّ - وهي  
الفكرة التي أدّت إلى إنتاج المُولّدات الكهربائيّة الحديثة.



## لمزيد من المعلومات انظر

- الطاقة التّويّة ص 136
- المُحرّكات ص 143
- الكهرومغناطيسيّة ص 156
- إحداث الصوت وسَماعه ص 182
- الطّيْف الكهرومغناطيسي ص 192

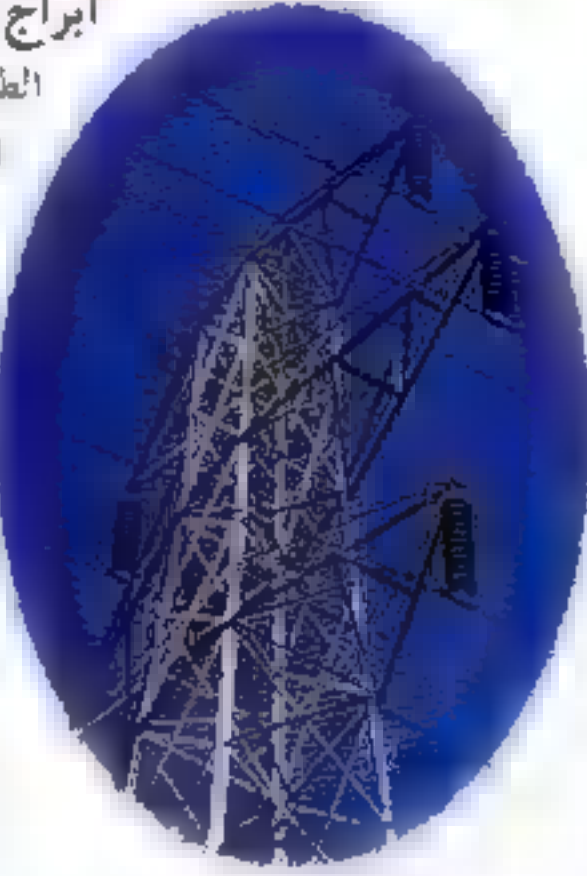


# الإمداد الكهربائي

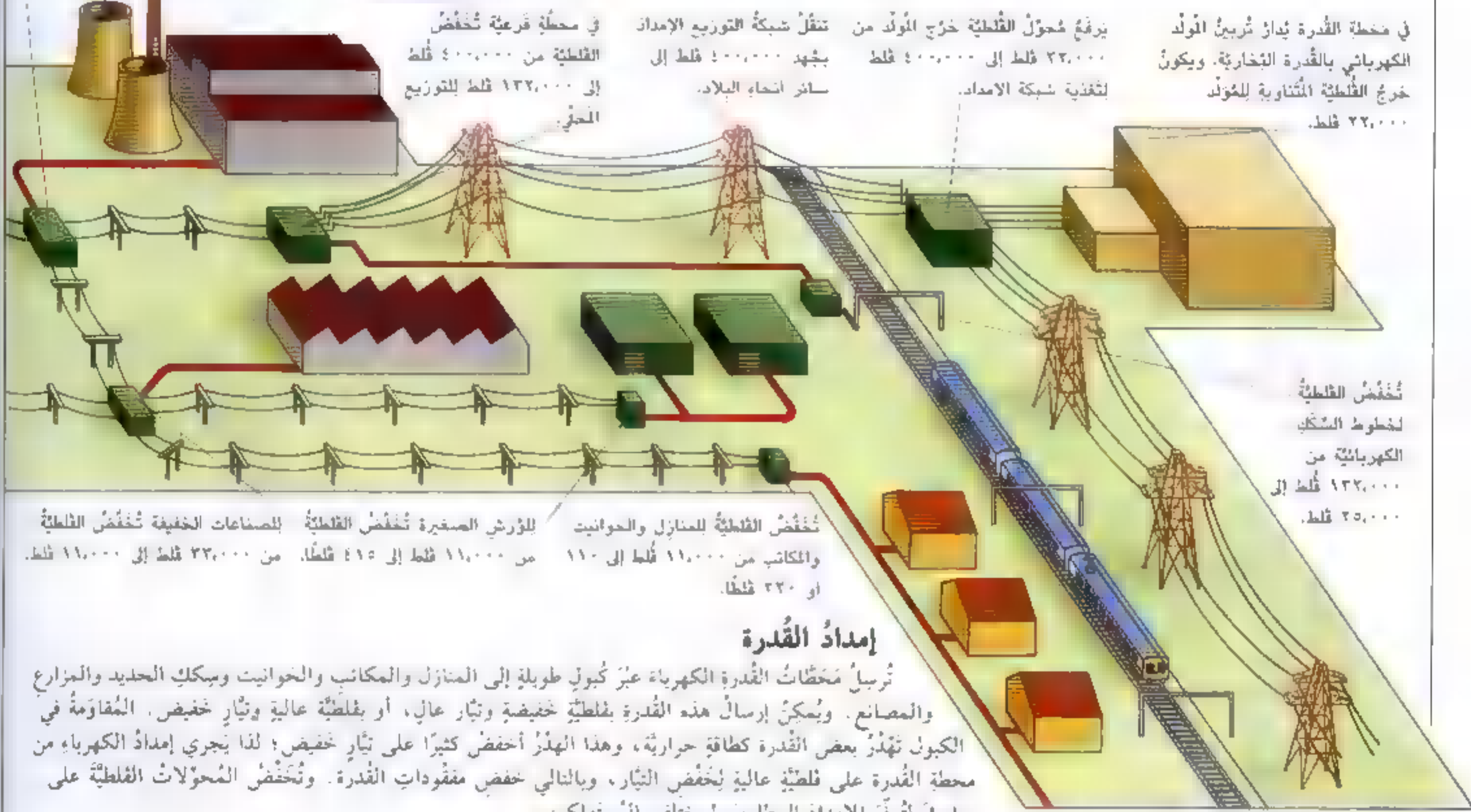
## أبراج القدرة

الطريقة الأقل تكلفة لتوزيع الكيوب  
الكهربائية في طول البلاد وعرضها  
هي تعليقها من أعمدة بُرجية.  
وتعزل الكيوب عن محاملها جيداً  
لمنع سُروب التيار إلى الأبراج.  
وفي المدن يجري توزيع الكيوب  
غالبًا في أنابيب مغطاة.

للصناعات الثقيلة تُخفّض  
القلبية من ١٣٢,٠٠٠ فلت  
إلى ٢٢,٠٠٠ فلت.



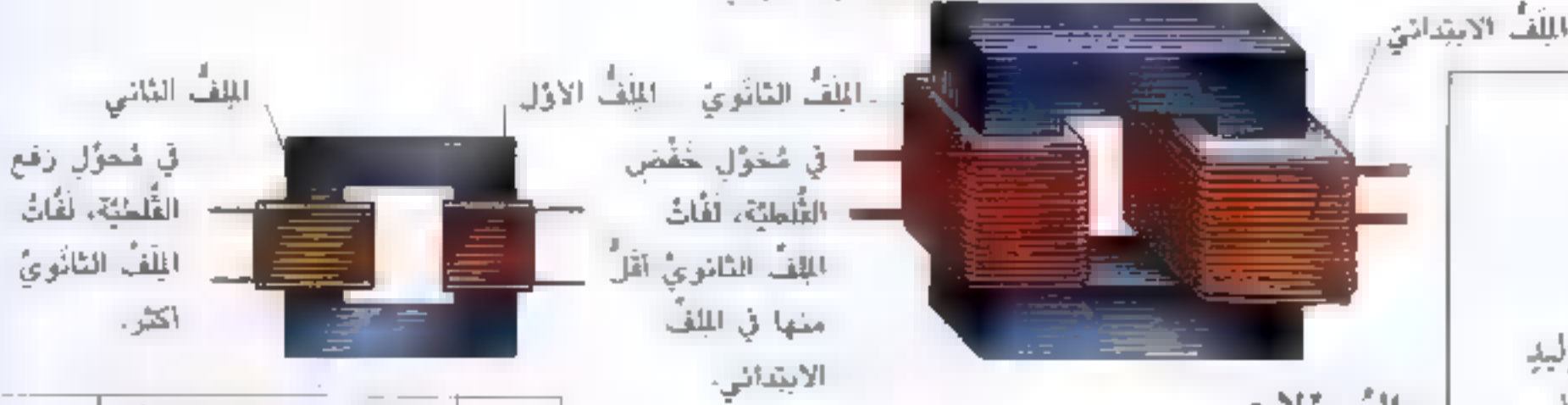
المقاييس الجدارية في البيت أو المكتب أو المصنع تزودنا بالكهرباء لأنها  
مُوصولة بشبكة الإمداد من محطات القدرة الكهربائية. في محطة القدرة تُدار  
التريينات بالقدرة البخارية أو المائية أو بقدرة الرياح. وهذه التريينات تُدير  
المولدات الكهربائية، مُحولة طاقة الحركة إلى طاقة كهربائية. معظم المولدات  
هي من نوع المُنوبات التي تُنتج تيارًا كهربائيًا مُتناوبًا. التيار المُتناوب أكثر  
ملاءمة لمختلف الاستعمالات من التيار المستمر لأنّ قلبيته يمكن تغييرها  
بالمُحوّلات رَفَعًا أو خَفَضًا. وهكذا يُمكن إمداد المصانع والمكاتب والمنازل  
بقلبيات مُختلفة حسب الحاجة.



## إمداد القدرة

تُرسل محطات القدرة الكهرباء عبر كُيوب طويلة إلى المنازل والمكاتب والحواسيب والمزارع  
والمصانع. ويُمكن إرسال هذه القدرة بقلبيّة خفيفة وتيار عالٍ، أو بقلبيّة عالية وتيار خفيض. المقاومة في  
الكيوب تُهدّر بعض القدرة كطاقة حرارية، وهذا الهدر أخفض كثيرًا على تيار خفيض؛ لذا يجري إمداد الكهرباء من  
محطة القدرة على قلبيّة عالية لخفض التيار، وبالتالي خفض مفقودات القدرة. وتُخفّض المُحوّلات القلبيّة على  
مراحل لِتوفّر الإمداد المطلوب لمختلف المُستهلكين.

قلب حديدي



## المُحوّلات

يتوجب خفض القلبيات العالية من الكيوب بالمُحوّلات إلى  
مُنوبات الاستخدام في البيوت. يتألف المُحوّل البسيط من  
ملفين بلكتين ملفّوقتين حول القلب الحديدي نفسه. القلبيّة  
المُتناوبة المُسلّطة على الملف الابتدائي في المُحوّل تولّد  
مجالاتًا مغناطيسية مُتغيّرة في القلب الحديدي؛ وهذا يُنتج  
قلبيّة مُتناوبة في الملف الثانوي.

## نقولا تسلا

عام ١٨٨٧، سجّل المُخترع  
الأمريكي نقولا تسلا (١٨٥٦-  
١٩٤٣) براءة اختراع لمنظومة توليد  
وتوزيع للتيار المُتناوب تفوّقت على  
منظومة رنبيه السابق توماس أديسون  
لتوليد التيار المستمر. وكان الرجلان  
مُرشحين لنيل جائزة نوبل مشاركة بينهما عام  
١٩١٢؛ لكنّ تسلا رفض أن يكون له أيّة علاقة بأديسون -  
فلم تُمنح الجائزة لأيّ منهما.



## لمزيد من المعلومات انظر

- الفيزياء الرضعة ص ٣٨
- المُشغل والطاقة ص ١٣٢
- مصادر الطاقة ص ١٣٤
- الخلايا والبطاريات ص ١٥٠
- المُولدات ص ١٥٩
- حقائق ومعلومات ص ٤١٠



# الكهرباء في البيت

## صَمَجَةُ النُّورِ الكهربائي

تضمُّ معظم الصَّمَجَاتِ الكهربائيَّةِ سِلْكًا رفيعًا من التَّنَجِسْتين يُدعى الفَتِيلَةُ، مُرَكَّبًا داخل بُصْبِلَةٍ زجاجيَّةٍ مُحْكَمَةِ السَّدِّ. فعندما يسري التِّيارُ فيها تتوهَّج الفتيلةُ لدرجةِ الايضاضِ وتسطعُ بالنور. والفتيلةُ تدومُ طويلًا دون أن تحترق، لأنَّ الصَّمَجَةَ لا تحوي الأكسجين (اللازم للاحتراق).



الذين تُتاحُ لَهُم الكهرباءُ بِكَبَسَةِ زُرٍّ أو بِإدارةِ مِقْلَادٍ (مِفْتَاح) قد يتناسون مقدارَ اعتمادِ الإنسانِ المُعاصِرِ على الكهرباء. فالإمدادُ الكهربائي، الآتي من محطةٍ قدرِةٍ نائيةٍ، يُسيِّرُ أمورَ بُيوتنا؛ وإذا ما طرأ عَظْلٌ يوقفُه، نشعرُ كَمَ هي الحياةُ صعبةٌ بدونه. فالعديدُ من وسائلِ العيشِ وأجهزةِ المنزلِ يتعطلُّ - تنطفئُ الأنوارُ، فتنلَمَسُ الشُّموعُ؛ التِّلْفَازُ لا يعملُ، فنلجأُ إلى راديو بطاريَّةٍ لِنَسْمَعَ الأحداثَ؛ والدَّقائِطُ والبرَّاداتُ والمكيِّفاتُ والغَسَّالاتُ والجَلَّياتُ والمُجفِّفاتُ والأفرانُ الكهربائيَّةُ تعجزُ عن أداءِ وظائفِها؛ والكُلُّ ينتظرونَ الفرجَ بعودةِ التِّيارِ الكهربائيِّ إلى البيتِ!

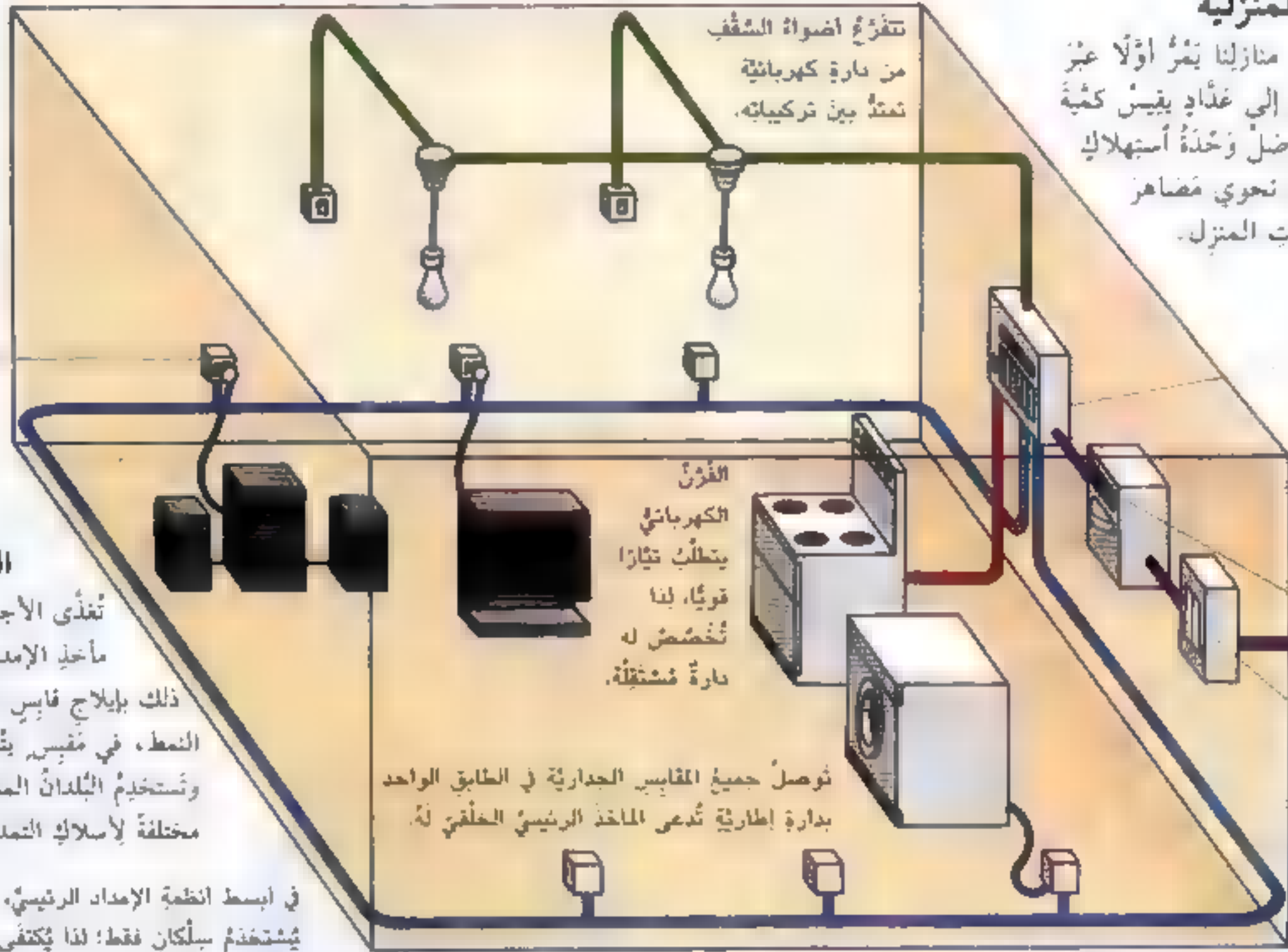
## الدَّارَاتُ الكهربائيَّةُ المنزليَّةُ

الإمدادُ الكهربائيُّ الواردُ إلى منازلنا يَمُرُّ أولاً عبرَ مَصابِرٍ رئيسيَّةٍ؛ ومنها يسري إلى غُداٍ يقيسُ كَميَّةَ الكهرباء التي نستهلكُها. ونُوَضِّلُ وَحْدَةً أَسْتِهْلَاكِ في الجانبِ الآخرِ من الغُداٍ نحوي مَصابِرَ (أو قواطعَ داراتٍ) تقي داراتِ المنزلِ.

تحتوي وَحْدَةُ الاستهلاكِ مَصابِرَ أو قواطعَ داراتٍ تُغذِّي الدَّارَاتِ الكهربائيَّةَ المختلفةَ في البيتِ. الوَحدةُ المُصمَّمةُ لاستيعابِ مَصابِرَ فقط تُدعى غَلْبَةُ المَصابِرِ.

يقيسُ الغُداُّ الكهربائيُّ كَميَّةَ الطاقةِ الكهربائيَّةِ المُستهلكةِ.

الإمدادُ الرئيسيُّ الواردُ بقطبيَّةٍ مقدارها ١١٠ أو ٢٢٠ فِلْط يَمُرُّ أولاً عبرَ مَصابِرَ قويَّةٍ الاحتمالِ.



## القَوَابِسُ والمَقَاسِ

تُغذِّي الأجهزةُ الكهربائيَّةُ من مَخِذِ الإمدادِ الكهربائيِّ. ويتمُّ ذلكُ بإيلاجِ قَابِسٍ من الجِهَازِ، مُتَوافِقٍ النمطِ، في مَقَاسٍ يتصلُّ بِمَخِذِ الإمدادِ. وتُستخدَمُ البُلدانُ المختلفةُ الوَاقِعَةُ في مختلفِ لاسلاكِ التمديداتِ الكهربائيَّةِ.

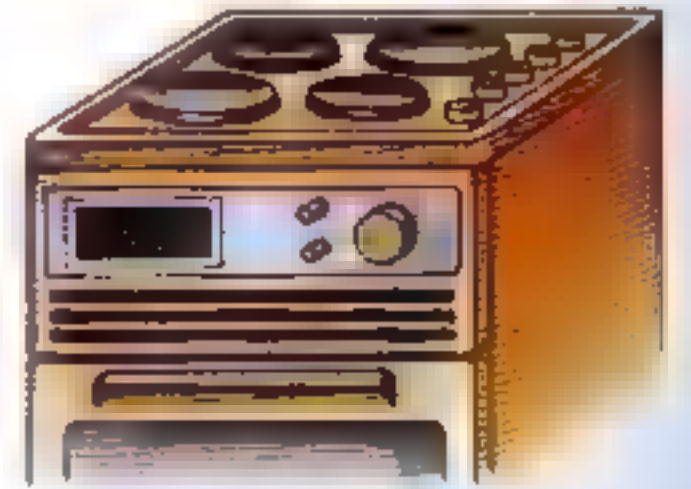
في أبسطِ أنظمةِ الإمدادِ الرئيسيِّ، يُستخدَمُ سِلْكٌ فقط؛ لذا يُكتفى بالقَوَابِسِ ذاتِ المِشْمَارَيْنِ ومَقَاسِها.

في العديدِ من أنظمةِ الإمدادِ الرئيسيِّ هُنَاكَ سِلْكٌ ثالثٌ يُدعى سِلْكُ التَّارِيضِ. ويُوَضِّلُ هذا بقَضْبِ معدنيٍّ مُوَضِّلٍ، لضمانِ عدمِ حصولِ صدمةٍ كهربائيَّةٍ يُمْكِنُ أنْ تُحدثها أجزاءٌ مكشوفةٌ مُكهربةٌ في الجِهَازِ.

بعضُ القَوَابِسِ مُزوَّدٌ بِمَصابِرٍ. فإذا زادَ التِّيارُ السَّارِي في الجِهَازِ عن الحدِّ المُقرَّر، ينصهرُ مِصْهَرُ القَابِسِ، ويسلُمُ المِصْهَرُ (أو قاطعُ الدارةِ) الرئيسيُّ في وَحْدَةِ الاستهلاكِ، فتبقى القُدرةُ مُتاحَةً في المقاييسِ الأخرى.

## وقايةُ الدَّارةِ الكهربائيَّةِ

قد تُسبِّبُ الكهرباءُ غَرَضًا بِالحرائقِ لِقَرُوطِ إحماءِ أحدِ الأسلاكِ حتى درجةِ الإحمرارِ. ويحدثُ هذا غالبًا بسببِ عَظْلٍ يُقَصِّرُ الدَّارةَ فيُجاوِزُ التِّيارُ الشَّارِي الحدَّ المسموحَ به. ولمنعِ حدوثِ ذلكِ تُوفَّى الدَّارَاتُ المنزليَّةُ بالمَصابِرِ أو القواطعِ التي تقطَعُ التِّيارَ إذا ما بلغتْ شدَّتُهُ حدَّ الخطرِ.



## القُدرةُ والطَّاقةُ

القُدرةُ، أي مُعدَّلُ استخدامِ الطاقةِ، تُقاسُ بالواط. فعندما تسري الكهرباءُ في مُقاومٍ، يُمكنُ احتسابُ القُدرةِ بِضَرْبِ الفِلْطِيَّةِ في شِدَّةِ التِّيارِ. فإذا كانتْ شِدَّةُ التِّيارِ ٤ أمبير في دارةٍ موفِّدٍ يعملُ على فِلْطِيَّةٍ ٢٢٠ فِلْط، تكونُ القُدرةُ ٨٨٠ واط. أمَّا مُجمَلُ الطَّاقةِ المُستهلكةِ، فهو حاصلُ ضَرْبِ القُدرةِ في زمنِ تشغيلِ الموفِّدِ. ففي مُدَّةِ ساعتينِ مثلاً، يستهلكُ الموفِّدُ  $2 \times 880 = 1760$  واط ساعة، أي ١,٧٦ كيلوواط ساعة.

## لمزيد من المعلومات انظر

- الشَّغْلُ والطَّاقة ص ١٣٢
- الكهرباءُ التِّيارِيَّةُ ص ١٤٨
- الخلايا والبطاريات ص ١٥٠
- الدَّارَاتُ الكهربائيَّةُ ص ١٥٢
- مَصابِرُ الضَّوءِ ص ١٩٣
- حقائقُ ومعلومات ص ٤١٠

يُتَصَهَّرُ هذا السِّلْكُ فَيُقطَعُ الدَّارةُ الكهربائيَّةُ.

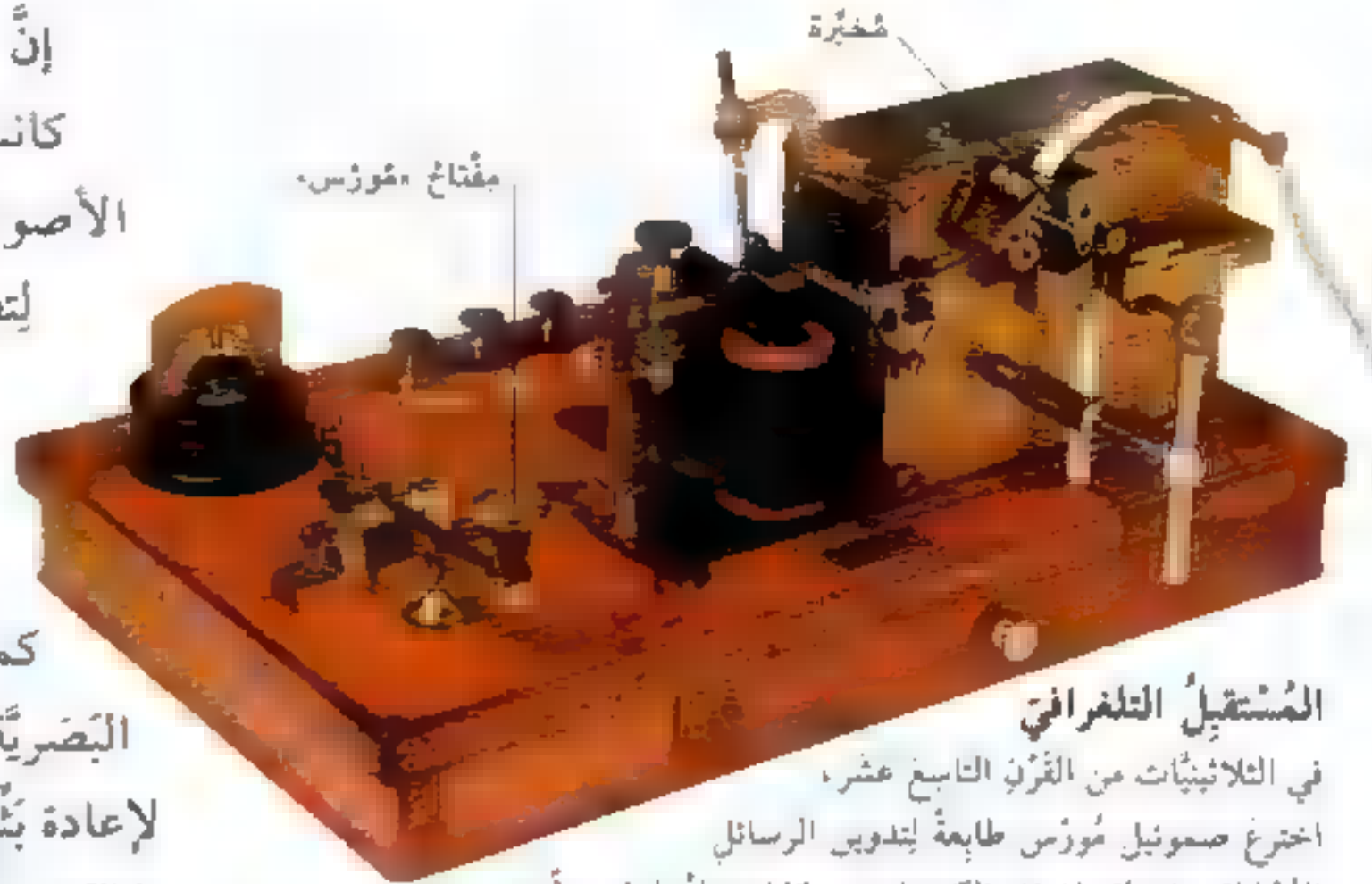
المِصْهَرُ سِلْكٌ داخلُ غِلاَّبٍ عازِلٍ، يُولِّدُ الخَلْفَةَ الأضعفُ في الدَّارةِ الكهربائيَّةِ. وهو ينصهرُ أو يحترقُ باحترارٍ عندَ الارتِفاعِ المُقَرَّرِ للتِّيارِ. والمَصابِرُ مُتَوافِرةٌ بقياساتٍ مُختلفةٍ لاحتمالِ تياراتٍ مُختلفةٍ الشَّدَّةِ.

قاطِعُ الدَّارةِ بِمِقْلَادٍ كهربائيٍّ يقطَعُ التِّيارَ عندما تتجاوِزُ شدَّتُهُ الحدَّ المسموحَ به.



# الاتصالات البُعادية

إنَّ أعجوبة التَّكَلُّمِ معَ شَخْصٍ يَبْعُدُ عَنْكَ أَلُوفَ الكِيلُومِترَاتِ مَا كَانَتْ تَحَقُّقُ بِدُونِ الكَهْرِبَاءِ. فَالْأَجْهَزةُ الإِلِكْتَرُونِيَّةُ تَحَوِّلُ الأصْوَاطِ وَالصُّوَرِ إِلَى كَهْرِبَاءٍ تَقْطَعُ الْمَسَافَاتِ الطَّوِيلَةَ بِسُرْعَةِ الْبَرْقِ لِتَصِلَ إِلَى مَكَانٍ آخَرَ حَيْثُ يُعَادُ تَحْوِيلُهَا إِلَى أصْوَاطٍ وَصُورٍ بِوَسْطَةِ مُعَدَّاتٍ أُخْرَى كَهْرِبَائِيَّةٍ التَّشْغِيلِ. وَتَنْتَقِلُ يَوْمِيًا كَمِّيَّاتٌ ضَخْمَةٌ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ ذَهَابًا وَإِيَابًا عِبرَ الْخُطُوطِ التَّلْفُونِيَّةِ كَرِسَائِلَ نَاسُوحِيَّةٍ (بَالْفَاكْسِ) أَوْ كَمَكَالِمَاتٍ هَاتِفِيَّةٍ. كَمَا يُمَكِّنُ إِرسَالُ الْمَعْلُومَاتِ أَيْضًا كَضَوْءٍ فِي كَبُولٍ مِنَ الْأَلْيَافِ الْبَصْرِيَّةِ، أَوْ كَأَمْوَاجٍ رَاديُوِيَّةٍ إِلَى سَائِلِ مُوَاصِلَاتٍ فِي أَعَالِي الْفَضَاءِ لِإِعَادَةِ بَثِّهَا إِلَى طَبَقٍ مُسْتَقْبِلٍ. هَذَا وَيُمْكِنُ تَوَاصُلُ الْحَوَاسِبِ وَالْمَكِينَاتِ الْإِلِكْتَرُونِيَّةِ عِبرَ خُطُوطِ التَّلْفُونِ. إِنَّ جَمِيعَ أَنْوَاعِ الْإِتِّصَالَاتِ هَذِهِ يَلْزَمُهَا عَنَاصِرُ ثَلَاثَةٍ: مُرْسِلٌ لِإِرْسَالِ الْمَعْلُومَاتِ، وَوَسِيطٌ يَحْمِلُ الْإِشَارَاتِ، وَمُسْتَقْبِلٌ يُحَوِّلُ الْإِشَارَاتِ ثَانِيَةً إِلَى شَكْلِ يُمْكِنُ فَهْمُهُ.



## المُسْتَقْبِلُ التَّلْغَرَاْفِي

فِي الثَّلَاثِيَّاتِ مِنَ الْقَرْنِ الْتَّاسِعِ عَشَرَ، اخْتَرَعَ صَمُوتِيلُ مُورْسُ طَابعَةً لِتَدْوِينِ الرِّسَالَةِ الْمُرْسَلَةِ بِوَسْطَةِ تَلْغَرَاْفِهِ الْكَهْرِبَائِيَّةِ. وَكَانَ عِمَادُهَا شَرِيعَةً مِنَ الْوَرَقِ الْعَادِيّ تَتَحَرَّكُ بِطَرَفِ عِزِّ الْمَكِينَةِ لِتُسْجَلَ عَلَيْهَا شَفْرَةُ مُورْسِ، الْمَوْثِقَةُ مِنْ نَقْطٍ وَشُرْطٍ، عِنْدَ كُلِّ نَبْضَةٍ مِنْ نَبْضَاتِ التَّيَّارِ الْمُسْتَقْبِلِ بِوَسْطَةِ دَوَلَابٍ مُخْبِرٍ يُحَرِّكُهُ مَغْنَطِيسٌ كَهْرَبِيٌّ. وَكَانَ الْعَامِلُونَ يَسْتَعْمِدُونَ مِفْتَاحَ مُورْسٍ لِإِرْسَالِ الْإِشَارَاتِ، فَكَانَ ضَغْطُ الْمِفْتَاحِ فِي مَحَقَّةِ الْإِرْسَالِ أَذِيْنًا بِسَرِيانِ التَّيَّارِ لِتَشْغِيلِ الدَّوَلَابِ الْمُخْبِرِ (أَوْ الذَّرَاجِ التَّكَاكُلِ) فِي مَحَقَّةِ الْاسْتِقْبَالِ لِتَقْلُ الرِّسَالَةَ آتِيًا.

مُرْسِلُ شَفْرَةِ مُورْسِ كَمَجْمُوعَةٍ مِنَ النُّقْطِ وَالشُّرْطِ الْمُنْفَصَّةِ الَّتِي تَمَثِّلُ الْأَعْدَادَ وَالْحُرُوفَ الْهَجَائِيَّةَ. هُنَا تَمَّ طَبْعُ الْعَدَدَيْنِ ٤ وَ ٢.



نُقْطَتَانِ وَثَلَاثُ شُرْطٍ تَمَثِّلُ الْعَدَدَ ٢.

أَرْبَعَةُ نَقْطٍ وَشُرْطَةٌ تَمَثِّلُ الْعَدَدَ ٤.



تَتَغَيَّرُ سَعَةُ (شِدَّةُ) إِشَارَةِ الصَّوْتِ التَّلْفُونِيَّةِ وَتَتَزَدَّدُهَا (عَدَدُ الْأَمْوَاجِ الْمُتَعَدِّةِ فِي الثَّانِيَةِ) لِتَتَسَاوَقَ مَعَ صَوْتِ الْمُتَكَلِّمِ.

## جِهَازُ التَّلْفُونِ

عِنْدَمَا تُدْبِلُ قُرْصَ التَّلْفُونِ أَوْ تَضْغُطُّ أَزْوَاجَهُ، تُرْسَلُ سِلْسَلَةٌ مِنَ الْإِشَارَاتِ الْكَهْرَبِيَّةِ إِلَى أَجْهَزةٍ أَوْتَمَاتِيَّةٍ تَوْصِلُكَ بِالْخَطِّ الْمُنَادِي. فَيَقْرَعُ جَرَسُ التَّلْفُونِ فِي الطَّرَفِ الْآخَرَ. وَعِنْدَمَا تَتَكَلَّمُ، يُحَوِّلُ مِيكْرُوفُونُ الْإِرْسَالِ فِي هَاتِفِكَ أَمْوَاجَ الصَّوْتِ إِلَى إِشَارَاتٍ كَهْرَبِيَّةٍ تُرْسَلُ إِلَى مُسْتَقْبِلِ الْهَاتِفِ الْمُنَادِي عَلَى الطَّرَفِ الْآخَرَ مِنَ الْخَطِّ. وَالْمُسْتَقْبِلُ فِيهِ يَبْعُدُ نَحْوِيلُ الْإِشَارَاتِ الْكَهْرَبِيَّةِ إِلَى أَمْوَاجٍ صَوْتِيَّةٍ.

مَغْنَطِيسٌ كَهْرَبِيٌّ رَقٌّ

## المُسْتَقْبِلُ التَّلْفُونِي

يُحَوِّلُ الْمُسْتَقْبِلُ التَّلْفُونِي الْإِشَارَاتِ الْكَهْرَبِيَّةَ الْوَارِدَةَ إِلَى أصْوَاطٍ. تَمُرُّ الْإِشَارَةُ عِبرَ مَغْنَطِيسٍ كَهْرَبِيٍّ فِيهِ يَجْذِبُ قُرْصًا حَدِيدِيًّا يُسَمَّى الرَّقُّ. وَمَعَ تَغْيِيرِ شِدَّةِ الْإِشَارَةِ، يَتَغَيَّرُ جَذْبُ الْمَغْنَطِيسِ لِلرَّقِّ فَيَهْتَزُّ، وَتَنْتَقِلُ الْاهْتِرَازَاتُ عِبرَ الْهَوَاءِ كَأَمْوَاجٍ صَوْتِيَّةٍ تَسْمَعُهَا كَلَامًا وَاضِحًا.

## الْإِدَالَةُ

الْإِشَارَاتُ الْمُدَالَّةُ هِيَ نَبْضَاتٌ كَهْرَبِيَّةٌ بَسِيطَةٌ أَوْ مَزِيْجٌ مِنَ النُّعْمَاتِ. وَالْأَجْهَزةُ الْإِلِكْتَرُونِيَّةُ فِي مَقْسِمِ التَّيَّادُلِ (الْمُتَرَالِ) تَعُدُّ النَبْضَاتِ أَوْ تَعْرِفُ النُّعْمَاتِ فَتَصِلُكَ بِالْخَطِّ الْهَاتِفِي الْمَطْلُوبِ.

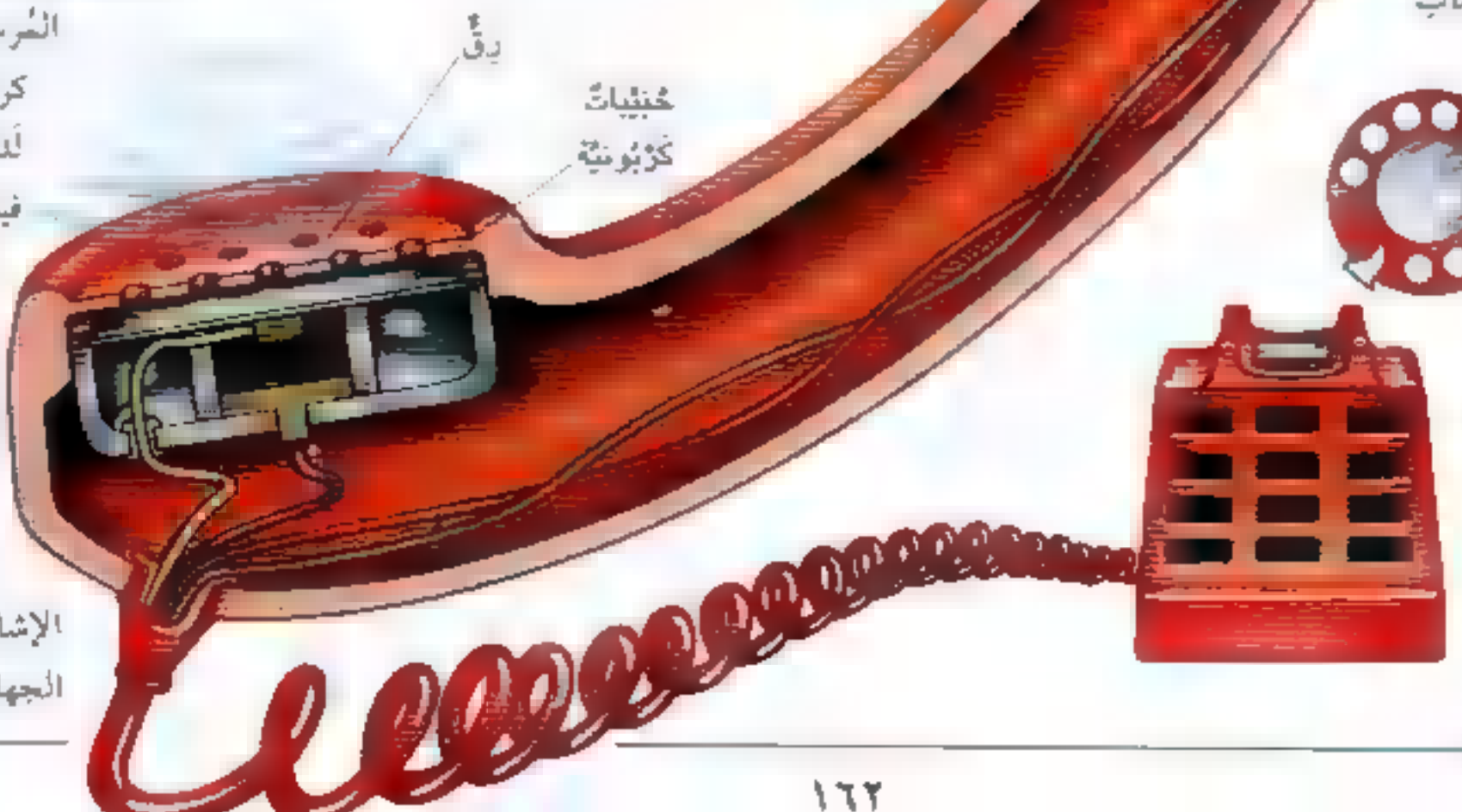
كُلَّمَا قُدِّيلَ رَقُّمَا تَعْمَلُ الْمَقَاتِيْعُ الْمُدَالَّةُ فَوْزًا عَلَى إِرسَالِ النَبْضَاتِ إِلَى مَقْسِمِ التَّيَّادُلِ.



بَعْضُ أَجْهَزةِ التَّلْفُونِ ذَاتِ الْأَزْوَاجِ الْإِتِّصَافِيَّةِ تُرْسَلُ مَزِيْجًا مِنَ النُّعْمَاتِ الْمُتَمَيِّزَةِ لِكُلِّ رَقٍّ - وَيُمْكِنُكَ سَمْعُهَا عِنْدَ ضَغْطِ كُلِّ رَقٍّ عَلَى جَدَّةٍ.

## مِيكْرُوفُونُ الْهَاتِفِ

كَثِيرٌ مِنَ أَجْهَزةِ التَّلْفُونِ يَحْوِي مِيكْرُوفُونًا كَرْبُونِيًّا (يُدْعَى أَيْضًا الْمُرْسِلِ) يُحَوِّلُ أَمْوَاجَ الصَّوْتِ إِلَى إِشَارَاتٍ كَهْرَبِيَّةٍ. وَتَوْجَدُ دَاخِلَ الْمُرْسِلِ كَبْسُولَةٌ تَحْوِي خُشْبِيَّاتٍ كَرْبُونِيَّةٍ. فَعِنْدَمَا تَتَكَلَّمُ، يَهْتَزُّ رَقٌّ لَدَائِيٌّ يَفْعَلُ الْأَمْوَاجَ الصَّوْتِيَّةَ، فَيَدْفَعُ تِلْكَ الْخُشْبِيَّاتِ بَعْضَهَا نَحْوَ بَعْضٍ فَتَنْخَفِضُ مُقَاوِمَتُهَا. وَهَكَذَا يَتَغَيَّرُ التَّيَّارُ السَّارِي عِبرَهَا بِالنَّمَطِ نَفْسِهِ الَّذِي نَحْدُثُ فِيهِ تَغْيِيرَاتُ الصَّوْتِ الْمُسَبِّبَةُ لِتِلْكَ الْاهْتِرَازَاتِ. وَهَذَا التَّيَّارُ الْمَتَغَيِّرُ يَحْمِلُ الْإِشَارَاتِ الصَّوْتِيَّةَ إِلَى الْمُسْتَقْبِلِ فِي الْجِهَازِ التَّلْفُونِي الْآخَرَ.





## ألكسندر غراهام بل

ألكسندر غراهام بل (١٨٤٧-١٩٢٢) معلم ومخترع أمريكي اسكتلندي المولد، اخترع التلفون عام ١٨٧٦. إهتم بل، كوالده، بتعليم الصم منذ صباه، ودرس أبحاث الأصوات من الأجسام المهتزة فعلم الصم الكلام بجهاز الاهتزازات المرئية. ثم اخترع شكلاً من التلفون الكهربائي، تمكن به من إرسال الإشارات ككتابات موسيقية تحدثها أرياش قصبية مهتزة. وقادته هذه الفكرة إلى استنباط طريقة لإرسال واستقبال ترددات الأصوات البشرية، فكان التلفون!



## السواثل (الأقمار الصناعية)

المكالمات المرسلة عن طريق سواثل الاتصالات، في مداراتها حول الأرض، تُرسل بالتراديو من هوائيات مفعرة ضخمة على الأرض. فيقوم الساتل، الذي يعمل بالخلايا الشمسية، بإعادة بث تلك الإشارات إلى هوائي ثانٍ في جزء آخر من العالم.



فل لاخفت تأخيراً طفيفاً وانت تكلم هاتفياً شخصاً في ما وراء البحار! قد يكون سبب ذلك أن مكالمتك تجري عن طريق ساتل فضائي فالإشارات الراديوية تأخذ بعض الوقت ليجتاز المسافة بين الأرض والساتل ذهاباً وإياباً.

## شبكة الاتصالات

عندما تجري مكالمات تلفونية، تسري نبضات الإدالة في الأسلاك إلى مركز التبادل (المقسم) المحلي، حيث تُمرر أجهزته الإلكترونية شفرة تلك النبضات. فإذا كانت مكالمتك محلية يتولى توصيلها مركز التبادل المحلي؛ أما إذا كانت إلى منطقة أخرى، فإنها تُحوّل إلى مركز تبادل تلك المنطقة، حيث تتولى أجهزته توصيلك بالرقم المطلوب. أما المكالمات الدولية فتُرسل إلى مراكز التبادل الدولية. وتولّف مختلف منظومات الاتصال هذه شبكة الاتصالات.

هنا الطبق يستقبل الأمواج الراديوية من الساتل ويرسل المعلومات إلى مركز التبادل.

طبق إرسال وأستقبال

مركز تبادل دولي



مراكز التبادل في المناطق المختلفة تُقبل بعضها بعضاً بواسطة الكوابل، أو شبكات الأمواج الضوئية، أو منظومات السواثل. وشبكات الاتصالات هذه تُمكن الناس في منطقة من الاتصال بالآخرين في مناطق أخرى.

هذه الشبكة المستقبلية للأمواج الضوئية تُقام على أبراج أو أبنية عالية، وتُسمّى بعناية بعضها مع بعض.

هذه الشبكة المستقبلية للأمواج الضوئية تُقام على أبراج أو أبنية عالية، وتُسمّى بعناية بعضها مع بعض.

هذه الشبكة المستقبلية للأمواج الضوئية تُقام على أبراج أو أبنية عالية، وتُسمّى بعناية بعضها مع بعض.

هذه الشبكة المستقبلية للأمواج الضوئية تُقام على أبراج أو أبنية عالية، وتُسمّى بعناية بعضها مع بعض.

هذه الشبكة المستقبلية للأمواج الضوئية تُقام على أبراج أو أبنية عالية، وتُسمّى بعناية بعضها مع بعض.

هذه الشبكة المستقبلية للأمواج الضوئية تُقام على أبراج أو أبنية عالية، وتُسمّى بعناية بعضها مع بعض.

هذه الشبكة المستقبلية للأمواج الضوئية تُقام على أبراج أو أبنية عالية، وتُسمّى بعناية بعضها مع بعض.

هذه الشبكة المستقبلية للأمواج الضوئية تُقام على أبراج أو أبنية عالية، وتُسمّى بعناية بعضها مع بعض.

هذه الشبكة المستقبلية للأمواج الضوئية تُقام على أبراج أو أبنية عالية، وتُسمّى بعناية بعضها مع بعض.

هذه الشبكة المستقبلية للأمواج الضوئية تُقام على أبراج أو أبنية عالية، وتُسمّى بعناية بعضها مع بعض.

هذه الشبكة المستقبلية للأمواج الضوئية تُقام على أبراج أو أبنية عالية، وتُسمّى بعناية بعضها مع بعض.

هذه الشبكة المستقبلية للأمواج الضوئية تُقام على أبراج أو أبنية عالية، وتُسمّى بعناية بعضها مع بعض.

هذه الشبكة المستقبلية للأمواج الضوئية تُقام على أبراج أو أبنية عالية، وتُسمّى بعناية بعضها مع بعض.

هذه الشبكة المستقبلية للأمواج الضوئية تُقام على أبراج أو أبنية عالية، وتُسمّى بعناية بعضها مع بعض.

## محطات السواثل

تحتوي محطة الساتل للاتصالات البعيدة هوائيات مفعرة، كالمقنن، موجهة نحو الساتل. والأجهزة الإلكترونية الموصولة بالهوائيات تُضخّم الإشارات المرسلة به، ويتم توصيل مثل هذه المحطات بمراكز التبادل التلفوني المحلية.

هذه المحطات بمراكز التبادل التلفوني المحلية.

هذه المحطات بمراكز التبادل التلفوني المحلية.

هذه المحطات بمراكز التبادل التلفوني المحلية.

هذه المحطات بمراكز التبادل التلفوني المحلية.

هذه المحطات بمراكز التبادل التلفوني المحلية.

هذه المحطات بمراكز التبادل التلفوني المحلية.

هذه المحطات بمراكز التبادل التلفوني المحلية.

هذه المحطات بمراكز التبادل التلفوني المحلية.

هذه المحطات بمراكز التبادل التلفوني المحلية.

هذه المحطات بمراكز التبادل التلفوني المحلية.

هذه المحطات بمراكز التبادل التلفوني المحلية.

هذه المحطات بمراكز التبادل التلفوني المحلية.

هذه المحطات بمراكز التبادل التلفوني المحلية.

هذه المحطات بمراكز التبادل التلفوني المحلية.

هذه المحطات بمراكز التبادل التلفوني المحلية.

هذه المحطات بمراكز التبادل التلفوني المحلية.

هذه المحطات بمراكز التبادل التلفوني المحلية.

هذه المحطات بمراكز التبادل التلفوني المحلية.

هذه المحطات بمراكز التبادل التلفوني المحلية.

## شبكات الأمواج الضوئية

تستخدم شبكات الأمواج الضوئية أمواجاً راديوية (تدعى أمواجاً ضوئية) لحمل الإشارات التلفونية وغيرها. وتسري هذه الأمواج في خط مُستقيم من هوائيات مفعرة مُرسلة إلى هوائيات مُستقبل.

## الفاكس (الفاكس)

تستخدم مكائن الفاكس الشبكة التلفونية لإرسال المادة المكتوبة أو المطبوعة. المكينة المرسلّة تُحوّل صور الوثيقة إلى شفرة من الإشارات الكهربائية وترسلها عبر خط التلفون. وتستخدم المكينة المُستقبلّة تلك الإشارات لاستنساخ الوثيقة الأصلية.

## الهواتف النقالة

يستطيع مُستقبلو السيارات التكلّم بعضهم مع بعض مُستخدمين أجهزة تلفونية نقالة ذات مُرسلات ومُستقبلات راديوية مُتّينة. المُرسل الخفيف القُدرة في جهاز التلفون يُوصّل المكالمات إلى مُعدّات استقبالي دائمة، مُقامّة في المنطقة - تدعى خلية. ومن هناك تُوصّل المكالمات بالشبكة التلفونية. فيقوم مُرسل محلي بإرسال الإشارات الواردة إلى مُستقبل راديوي في جهاز التلفون. وتدعى هذه المنظومة بأكملها شبكة خلية.



مزيد من المعلومات أنظر
الخلايا والبطاريات ص ١٥٠
الحواشيب ص ١٧٣
الصوت والضوء ص ١٧٧
الانكسار ص ١٩٦
السواثل (الأقمار الصناعية) ص ٣٠٠
حقائق ومعلومات ص ٤١٠



الطول الموجي أطول على الترددات  
الخفيفة؛ ويمكن قياسه بالمدى  
بين ذروتي موجتين.

## الراديو

أمواج طويلة من ١٠٠٠ إلى ١٠ آلاف متر، التردد ٣٠٠ إلى ٣ كيلوهرتز	أمواج متوسطة من ٢٠٠ إلى ١٠٠٠ متر، التردد ٣ ميغاهرتز إلى ٣٠٠ كيلوهرتز	أمواج قصيرة الطول ١٠ إلى ١٠٠ متر، التردد ٣٠ إلى ٣ ميغاهرتز	أمواج عالية التردد الطول من ١٠ سم إلى متر، التردد من ٣٠٠٠ إلى ٣٠٠ ميغاهرتز	أمواج فائقة التردد الطول من ١٠ سم إلى متر، التردد من ٣٠٠٠ إلى ٣٠٠ ميغاهرتز
--	--	--	--	--

### غوليلمو ماركوني

كان المهندس الإيطالي غوليلمو ماركوني (١٨٧٤-١٩٣٧) أول من استخدم الأمواج الراديوية في منظومة عملية لإرسال الإشارات. ففي العام ١٨٩٦، سجل ماركوني براءة اختراع نظام تلغرافي يُرسل الإشارات عبر الهواء كدقائق من الأمواج الراديوية. ولما لم يكن هنالك أسلاك بين الأجهزة المرسل والمستقبل، عُرفت هذه التقنية بالـ"تلغرافية اللاسلكية".



عندما تستمع إلى الراديو، يلتقط جهازك المحطة المُختارة من بين ألوف المحطات الإذاعية التي تصله. تنتقل الإشارات الراديوية كأموال غير مرئية عبر الهواء أو عبر مواد أخرى أو في الفراغ بسرعة تُعادل سرعة الضوء (٣٠٠ ألف كيلومتر في الثانية في الفراغ). تُستخدم الأمواج الراديوية بصورة رئيسية في حمل الأصوات والصُور للبث الإذاعي أو للاتصالات الخاصة. فالأخبار التي كانت تستغرق أشهرًا لتبلغ الأماكن النائية في العالم، تنتقل اليوم بأقل من ثانية بواسطة الأمواج الراديوية المُرتدة من سواحل الاتصالات في الفضاء. تتولد الأمواج الراديوية بواسطة دائرة تحمل تيارًا سريع الذبذبة؛ ويجري بثها الأفضل من هوائيات إرسال مُقامة على أماكن عالية أو على التلال.

تنطلق الموجة الحاملة  
بسرعة وتردد ثابتين.

تتغير الإشارة الصوتية  
سرعة وترددًا.

إشارة راديوية مُضمَّنة السعة، لقد تغيرت شدة الموجة الحاملة (مُضمَّنت) كما يتغير من تغيرات حجمها.

إشارة راديوية (إف إم)، هنا تغير (مُضمَّن)  
تردد الأمواج الراديوية.

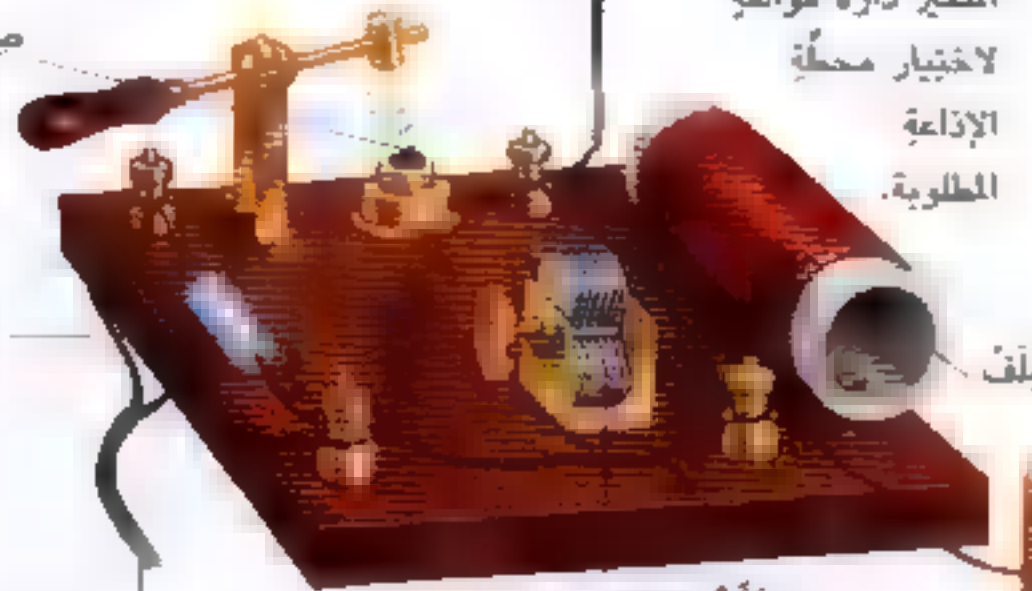
يُحوّل الهوائي الشكّلي جميع الأمواج  
الراديوية المُستقبلة إلى إشارات كهربائية.

يؤلف الملف والمكثف  
التغير دائرة مُوافقة  
لاختيار محطة  
الإذاعة  
المطلوبة.

صنّاع ثنائي  
بلوري

مكثف

أنتعير سعة  
الأذن الإشارة  
الصوتية.



مكثف متغير  
دائرة الدايود البلوري والمكثف تتغير الذبذبات  
الصوتية وتستخلصها من الإشارة المُرسلة.  
بلوك تاربيخ  
موصول  
بانوب المياه

### جهاز بلوري

حتى عهد قريب، كان كثير من الهواء يلتصقون بالبث الإذاعي بأجهزة ذات مكشاف بلوري. وكان نمط الجهاز البلوري الشائع في حينه ذا بلورة من الفالينا (كبريتيد الرصاص)، وملاصق سلكي مُنتقب القرف (يدعى شارب الهر). فالملاصق والبلورة يعملان كدايود في دائرة مكشاف الجهاز يُشغّل الذبذبات الصوتية وأستخلصها من الإشارة الراديوية المُرسلة.

### التضمين

التضمين هو تحميل الأمواج الراديوية أصواتًا (أو إشارات أخرى). فالإشارة الصوتية تجعل الإشارة الراديوية المُطرّدة (الموجة الحاملة) تتغير بشكل ما. ففي تضمين السعة (إي إم) تتغير سعة (أي شدة) الموجة الحاملة؛ أما في تضمين التردد (إف إم)، فتردد الموجة هو الذي يتغير. والمعروف أن الإرسال بتضمين التردد (إف إم) أقل تأثرًا بالطمطقات والتداخلات الأخرى.

صنّاع



### التضخيم

معظم أجهزة الراديو القديمة كانت تحوي صنّاعات لتضخيم الإشارات المُستقبلة. ثم حلت الترانزستورات محل الصنّاعات، فأصبح بالإمكان إنتاج أجهزة راديو بالغة الصغر.



### الراديو

١٨٩٣ جيمس كلازك مانسويل يقترح  
تفسيرًا على أنسي رياضية لظواهر  
الأمواج الكهرومغناطيسية.

١٨٨٧ هنريخ هرث يرسل ويستقبل  
أمواجًا راديوية في مختبره.

١٨٩٦ غوليلمو ماركوني يُسجل براءة  
اختراع أول منظومة عملية للتلغرافية  
اللاسلكية.

١٩٠١ إرسال أول إشارة تلغرافية عبر  
الأطلنطي.

١٩٠٦ ريجنالد فساندن يُدبغ أول بث  
إذاعي، فُدهش عابلي التلغراف  
اللاسلكي بإسماعهم الموسيقى بدلًا  
من شفرة موزس المعتادة.



## المُرسلُ الراديويّ (اللاسلكي)

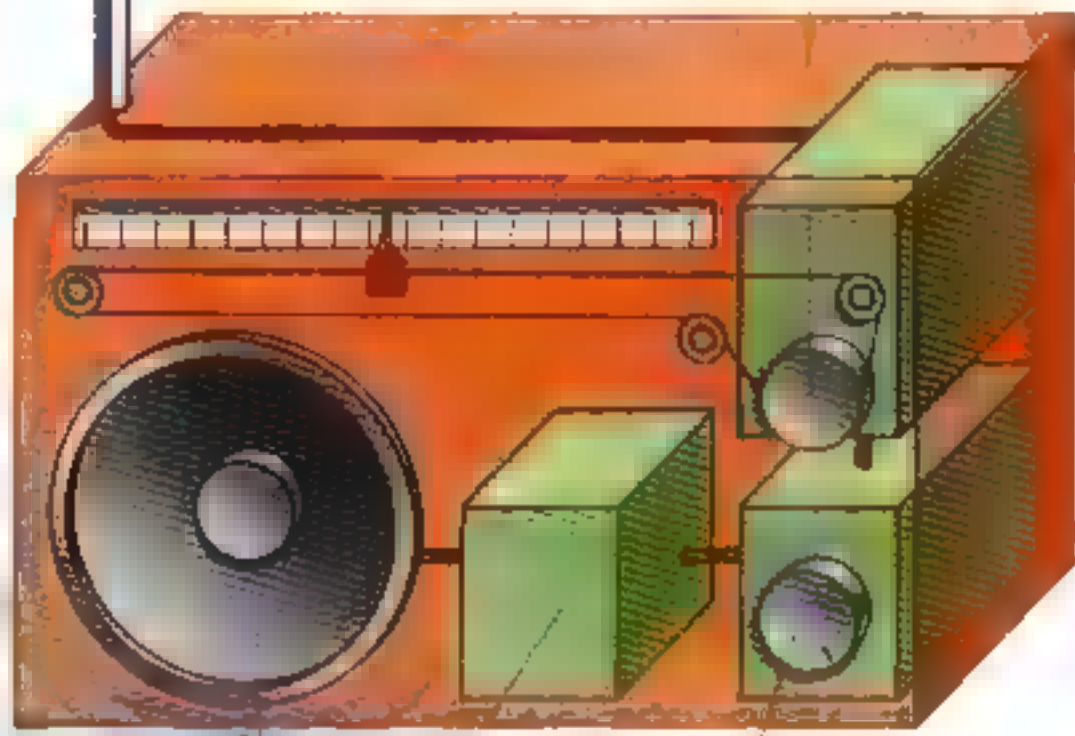
في المُرسل الراديويّ، تُولّد دائرة المُذبذب فُلتيةً مُتناوبةً سريعةً تُدعى الإشارة الحاملة، تنتقل إلى دائرة أخرى تُدعى المُضَمِّن. كما تُغذّى المُضَمِّن أيضًا بالإشارة الصوتية من ستوديو الإذاعة. ففي مُرسل تضمين التردد (إف إم) المُشِين هنا، تُضَمَّن (تُغَيَّر) الإشارة الصوتية بتردد الإشارة الحاملة، كما يُقوَّى المُضَمَّن الإشارة الحاملة المُضَمَّنَة؛ ثم تُبَثُّ الإشارة المُعززة هذه، كأمواج راديوية، من هوائي الإرسال.

يُبَثُّ هوائي الإرسال  
إشارة المُرسل  
كأمواج راديوية.

## المُسْتَقْبِلُ الراديويّ (اللاسلكي)

يُسْتَقْبِلُ هوائي جهاز الراديو الأمواج الراديوية من عدّة مُرسلات، فيحوّل ما يلتقط منها إلى إشارات كهربائية دقيقة. ثم تنتقل هذه الإشارات إلى دوائر مُوالِفة وتُضخِّم، حيث تُستَقْبَل إشارة المحطة الإذاعية المطلوبة وتُضخَّم. بعد ذلك تُفصل دائرة المُستخلص الإشارة الصوتية عن الموجة الحاملة، وتُغذّى قوّة هذه الإشارة بِاستخدام مضبط الجّهارة. ثم تنتقل الإشارة الصوتية إلى مُضخَّم الخرج، حيث تُضخَّم بما فيه الكفاية لتشغيل المُجْهَر الذي يُعيد تحويل الإشارة ثانيةً إلى أصوات كبكك التي بُثَّت أصلاً من ستوديو الإذاعة.

يُستخدم مضبط المُوالِفة، وهو مُكثِّف مُتغيّر، لاختيار المحطة الإذاعية.



مُضبط الجّهارة، وهو مُقاوِم مُتغيّر، يُغدِّل مُنسَب الإشارة الصوتية.  
يُرسل مُضخَّم الخرج تيارًا قويًا عبر المُجْهَر لاستعادة الصوت.

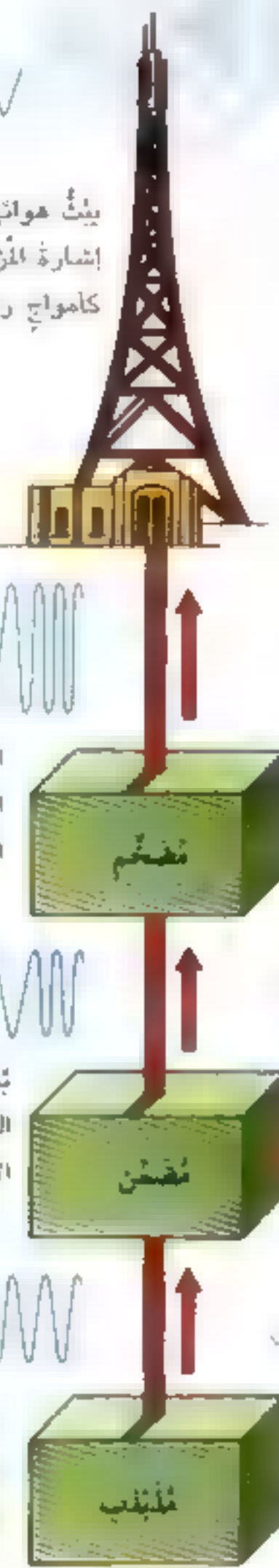
## الإشارات الصوتية

في ستوديو الإذاعة، يُحوّل الميكروفون أصوات المُذيعين إلى إشارات صوتية؛ كما تُولّد أجهزة أخرى إشارات صوتية عند تدوير أشرطة التسجيل أو الأسطوانات. ويُمكن مزج هذه الإشارات معًا ثم إرسال الإشارة المُوالِفة إلى المُرسل.

التضخيم يُقوَّى الموجة الحاملة المُضَمَّنَة قبل انتقالها إلى الهوائي.

تُضخَّم تردد الموجة الحاملة بواسطة الإشارة الصوتية.

تردد الإشارة الحاملة حوالي ١٠٠ مليون موجة في الثانية (١٠٠ ميجاهرتز)



## الأيونوسفير

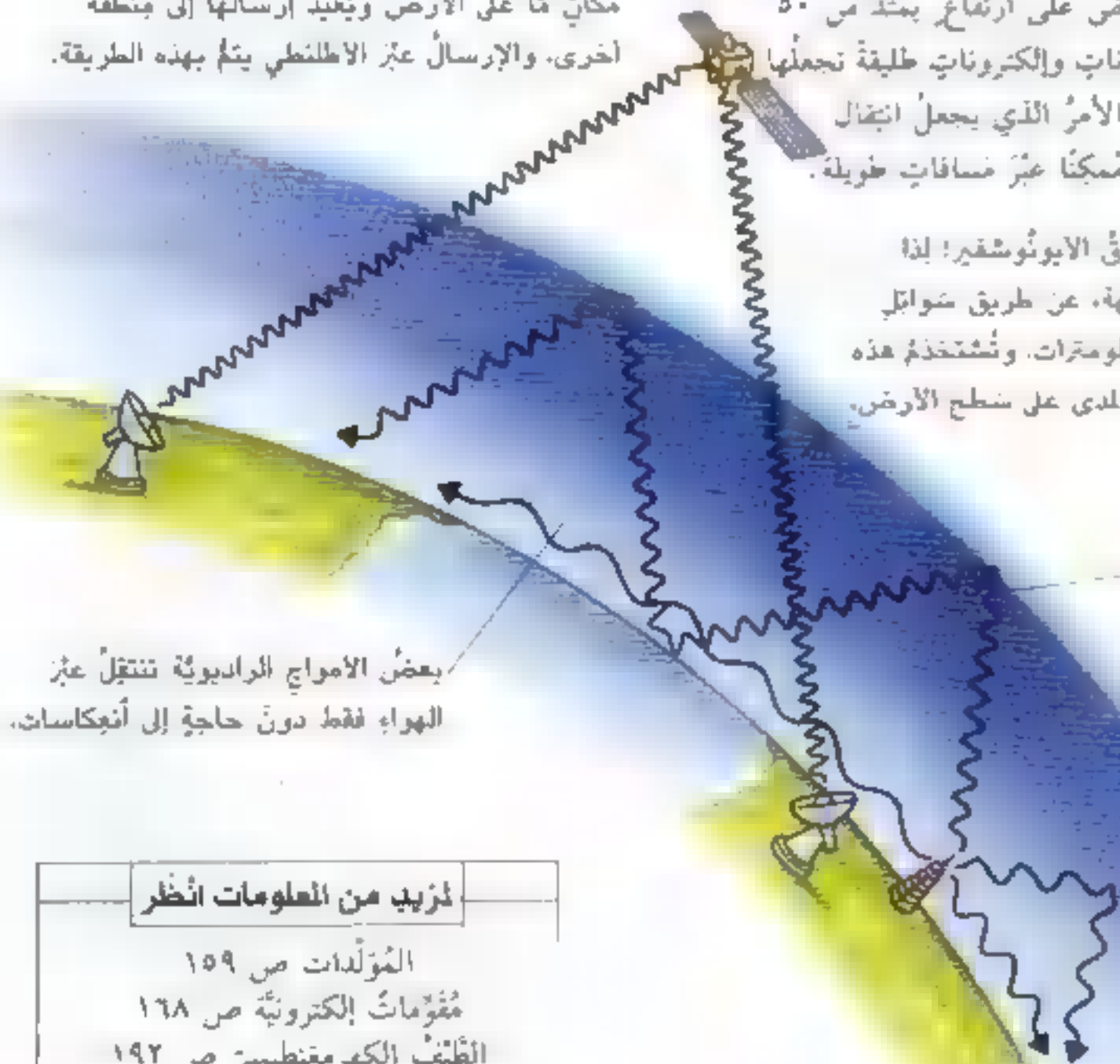
يُسْتَقْبَلُ سَائِلُ الاتّصالات إشارات راديوية من مكانٍ ما على الأرض ويُعيد إرسالها إلى منطقة أخرى. والإرسال عبر الأطلنطي يتم بهذه الطريقة.

الأيونوسفير منطقة جويّة فوق الأرض على ارتفاع يتعدّى ٥٠ إلى ٤٠٠ كيلومتر. وهي تحوي أيونات والكروونات طليقة تجعلها تمكّن بعض الأمواج الراديوية - الأمر الذي يجعل اتّصال الأمواج الراديوية الخفيفة التردد ممكنًا عبر مسافات طويلة.

الإشارات العالية التردد نسبيًا تُخترق الأيونوسفير؛ لذا تُستخدم في إرسال الإشارات المُوجّهة، عن طريق سوائِل اتّصالات تبعد عن الأرض آلاف الكيلومترات. وتُستخدم هذه الترددات أيضًا في الإرسال القصير المدى على سطح الأرض.

تُفكّك الأمواج القصيرة على أعالي الأيونوسفير.

الإشارات الخفيفة التردد نسبيًا (ذات الطول الموجي الطويل) من مُرسل تستطيع الوصول إلى امكنة ناشئة بالانعكاسات المتكررة بين الأيونوسفير والأرض.



بعض الأمواج الراديوية تنتقل عبر الهواء فقط دون حاجة إلى انعكاسات.

## لاسلكي المواقع

يُستخدم المُرسل المُستقبل الصغير (اللاسلكي الميداني) في مواقع البناء مثلًا، ليُستطاع العاملون على الأرض التحدّث بسهولة مع العمال في الطوابق العليا من المبنى؛ كما تُستخدمه الشرطة في ضبط الأمن ومكافحة الجريمة.

يعمل المُرسل والمستقبل في لاسلكي الميدان بالبطاريات.



## لمزيد من المعلومات انظر

- المُولّدات ص ١٥٩
- مُؤمّنات إلكترونية ص ١٦٨
- الظنّيّ الكهرومغناطيسي ص ١٩٢
- التلّسكوبات الأرضيّة ص ٢٩٧



# التلفزيون

مرسل تلفزيوني

أصبح التلفزيون عاملاً مهماً في حياتنا - نتعرف به أماكن لم نرها سابقاً وربما لن نروها مستقبلاً، ونرى عبره الأحداث حال وقوعها، وأحياناً كثيرة نشاهد بعض برامجهم لمجرد التسلية والمتعة. لقد شاع استخدام التلفزيون في المنازل منذ الخمسينيات من القرن العشرين، لكن فكرة إرسال الصور عبر مسافات بعيدة راودت العلماء والمخترعين منذ القرن التاسع عشر. ونحن ننعم اليوم بأنظمة تلفزة عالية النوعية بفضل مخترعات متعددة لعل أهمها الصمامات والترانزستورات وأنايب الأشعة الكاثودية. في الكثير من البلدان تبث الصور والأصوات التلفزيونية محلياً باستخدام الأمواج الراديوية الفائقة التردد، أو بإشارات كهربائية عبر الكبل؛ كما ترسل على نطاق دولي بواسطة السوايل. وتستخدم التلفزة المغلقة الدارة في مراقبة أمن المصارف والمؤسسات حيث تنقل الصور من الكاميرا إلى الشاشة مباشرة.



## ستوديو تلفزيوني

تنقل إشارات الصور من الكاميرات، وإشارات الصوت، من الميكروفونات، إلى غرفة المراقبة المشرفة على الاستديو. حيث تظهر جميع الصور على شاشات متعددة. ويقوم محرر البرامج بانتقاء الصورة المراد بثها ونوفاً الانتقال إلى لقطة أخرى.

## البث التلفزيوني الحي

في البث التلفزيوني الحي نحول الكاميرا التلفزيونية أصوات المشهد إلى إشارات كهربائية ترسل لاسلكياً فتستحال صوراً في التلفاز (جهاز التلفزيون).

يدخل الضوء إلى الكاميرا عبر العدسة الأولى. مرآيا خاصة تحلل الضوء إلى ألوانه الرئيسية الثلاثة.

يُشَقَّطُ الضوء الأحمر والأزرق والأخضر على صمامات منفصلة.

## الكاميرا التلفزيونية

في نوع نمطي من كاميرات التلفزة الملونة، يمر الضوء من المشهد عبر مرآيا خاصة تحلل الضوء إلى ألوانه الأولية - الأحمر والأخضر والأزرق. فتتكون للمشهد صور بثلث الألوان على صمامات الكاميرا الثلاثة التي تسمح للصور خطاً خطاً. ثم يجمع كل صمام إشارة كهربائية تتناسب شدتها مع تأثر كل خط من الصورة.



## الأفلام والأشرطة المسجلة

يُدار الفيلم السينمائي في مكتبة سينما تلفزيونية فتكون إشارات كهربائية من الأصوات والصور المسجلة على الفيلم. أما البرامج المسجلة على أشرطة فتستعاد بواسطة جهاز فيديو. وتستقبل جميع الإشارات الصوتية والمرئية من مصادرها المختلفة إلى قاعة العرض، وهي قاعة مراقبة تجاوز ستوديو المذيعين.

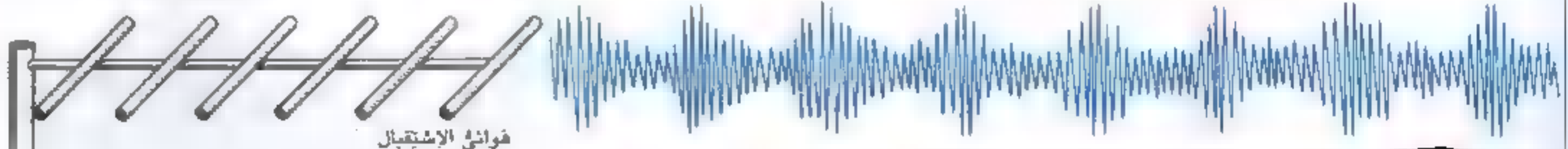


## قاعة العرض

في هذه القاعة، تُختار وتراقب جميع الإشارات المنعقدة من مصادر حيّة أو مسجلة؛ وتعرض الصور على شاشات عدّة أجهزة مراقبة. ومن قاعة العرض هذه، ترسل، إلى المُرْسِل التلفزيوني، إشارة الصوت وإشارة مرئية واحدة تحوي جميع المعلومات اللّونية مع نبضات التزامن التي تمكن جهاز الاستقبال من استعادة الصورة على الوجه الصحيح.





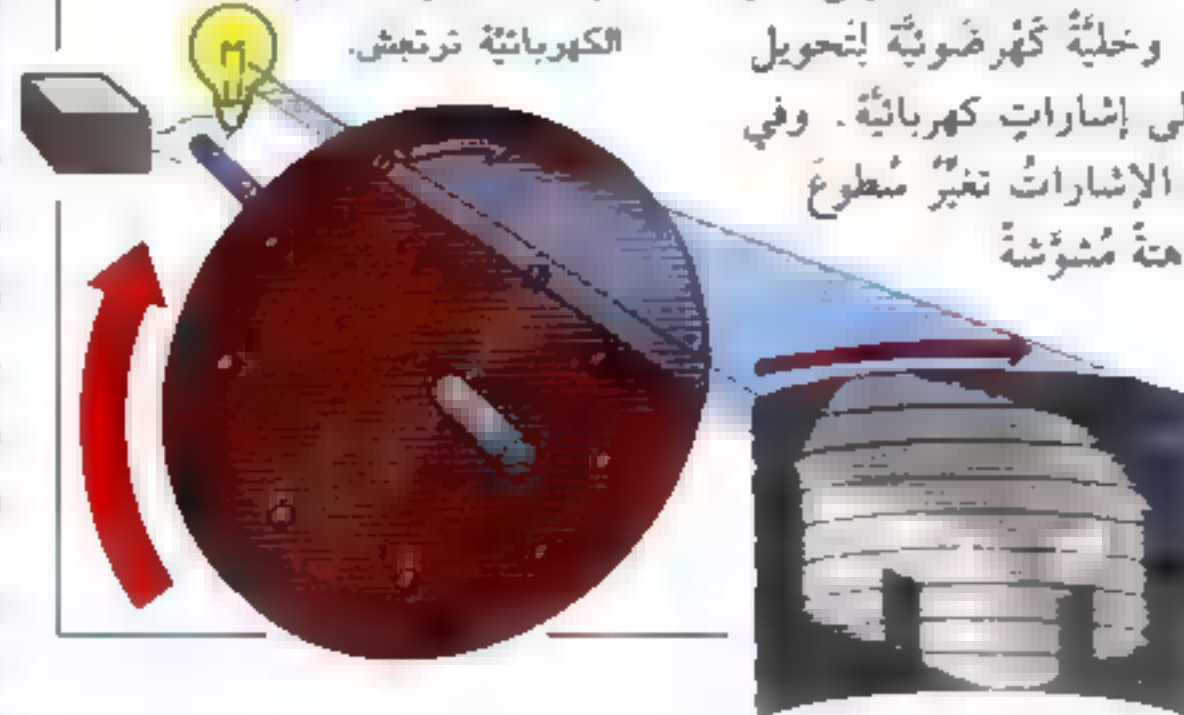


هوائى الاستقبال

## المُستقبلات التلفزيونية

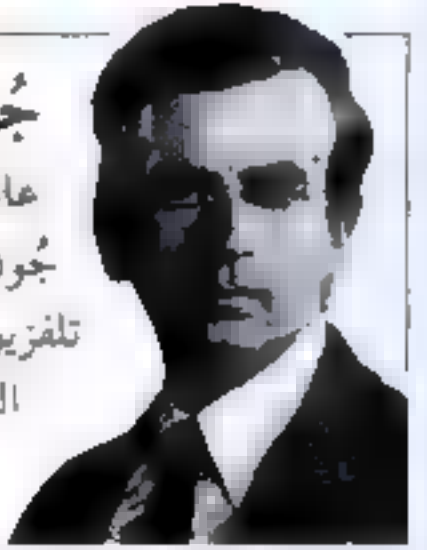
تتقبل إشارات المرسل التلفزيوني عبر الهواء بسرعة الضوء كأمواج لاسلكية، فيحولها هوائى الاستقبال، الموصول بجهاز التلفزيون، ثانية إلى إشارات كهربائية. ويستخدم دارات الموائفة الإلكترونية في المستقبل يمكنك استقبال المحطة التلفزيونية التي تريدها. أما في التلفزة الملونة، فتعمل دارات أخرى على فرز المقومات اللونية الثلاثة في الإشارة المرئية؛ فيستخدمها صمام الصور (أنبوب الأشعة الكاثودية) لاستعادة الصورة بألوانها الكاملة - في حين يستعيد المجهاز الإشارة الصوتية.

قرص بيرد اللدوم كان من اختراع بول نيكو (١٨٦٠-١٩٤٠)، ويبنى المخطط أدناه كيف إن قرصا تساهمي القيوب ينتج صورة عندما تجعل الإشارة المرئية الضمجة الكهربائية ترتعش.



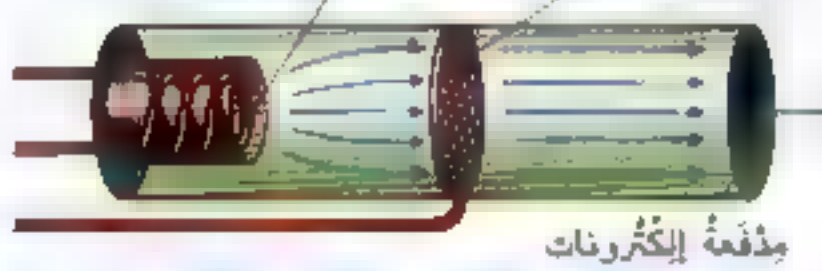
## جون لوجي بيرد

عام ١٩٢٦، عرض رائد التلفزيون، الإسكتلندي جون لوجي بيرد (١٨٨٨-١٩٤٦) أول منظومة تلفزيونية مستخدما قرصا متحركا دوارا، لتحويل ضوء المشهد إلى خطوط، وخليئة كهروضوئية لتحويل تغيرات السطوع إلى إشارات كهربائية. وفي مستقبل بيرد كانت الإشارات تغير سطوع صمجة كهربائية، فيرى المشاهد صورة باهتة مشوشة عبر ثقب قرص مدوم آخر. وسرعان ما استبدلت منظومة بيرد لتحل محلها منظومة إلكترونية بالكامل من نوعية أفضل.



تغني فتيلة تسخين كهربائية الكاثود المعدني المحيط بها، فينبعث إلكترونات

تدفق الإلكترونات كهزمية عبر الأنودات إلى شاشة الأنبوب الموجية الشحنة.



مدفعة إلكترونات

مدفعة إلكترونات تطلق مدفعة الإلكترونات داخل أنبوب (صمام) الأنبوبة الكاثودية خزما إلكترونية على شاشة العرض - في حين تصير صمامات الألوان خزما منفصلة لكل لون من الألوان الأولية الثلاثة. وتتغير شدة هذه الحزم وفقا لسطوع مقومات الألوان في المشهد الأصلي.

كل مدفعة إلكترونات تنتج لونا واحدا - أحمر أو أخضر أو أزرق.

## إشارة الصورة

يلتقط هوائى الاستقبال الإشارة التي يبثها المرسل ويحولها إلى إشارة كهربائية تسري لزولا عبر سلك خاص إلى المستقبل.



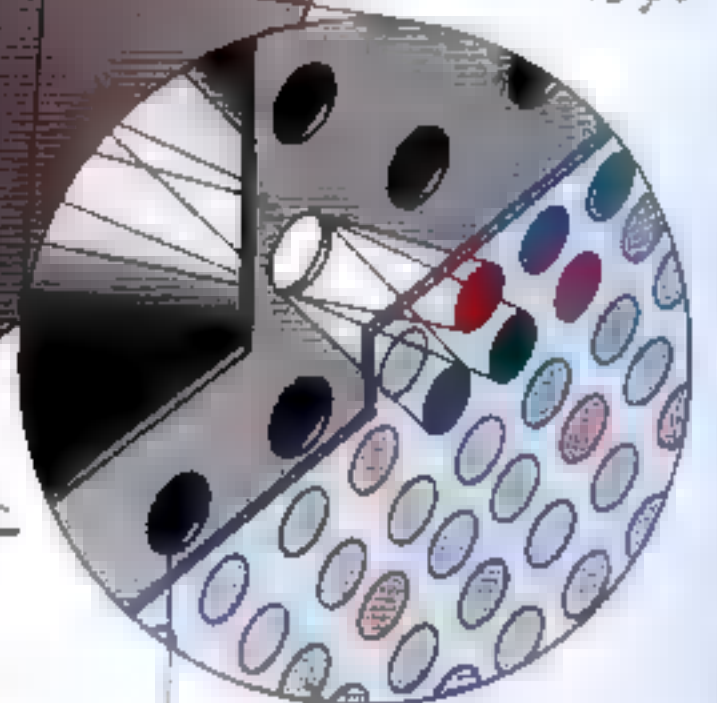
يختار الموائف المحطة المطلوبة؛ وتقوم دارات أخرى بفصل وتقوية إشارات الصورة والمزاحة والصوت.

تفصل دارات خاصة إشارات الألوان الثلاثة؛ وهذه تتحكم في شدة الحزم الإلكترونية الثلاثة.

تغذي دارات المشح بإشارات هزمية تحدد حركة الحزم الإلكترونية على الشاشة.

توجه هذه المغنطيسات الكهربائية فتسار الحزمة الإلكترونية عبر الشاشة.

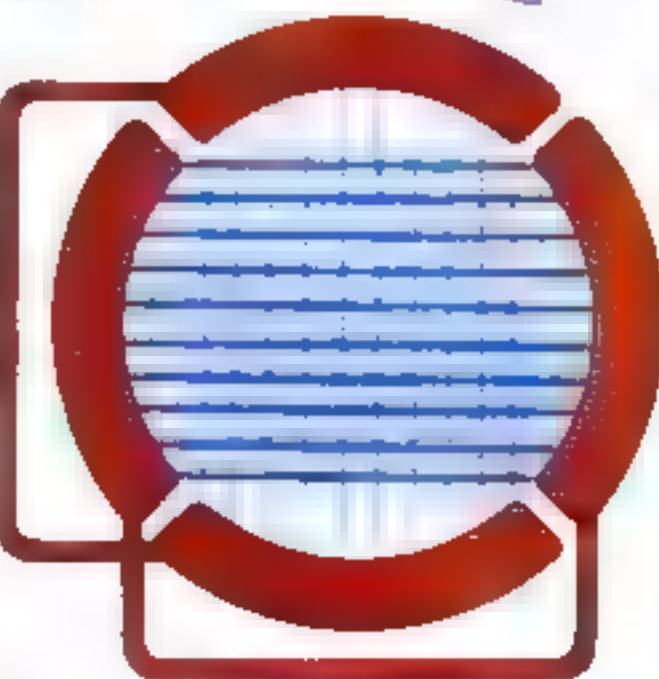
تسلط إشارة المشح العمودي على المغنطيسين الكهربيين الأيسر والأيمن.



الشاشة مغطاة بتقريب مجهرية من الفسفورات. حاجز منقوب لإلتقاء اللون.

## شاشة التلفزيون

تغطي شاشة التلفزيون نقاط الفسفورات التي تنوهج باللون الأحمر أو الأخضر أو الأزرق عندما تصلها الحزمة الإلكترونية. بعض أنابيب الصورة، في التلفزيون الملون، نحوي حاجزا متحركا خلف الشاشة، تؤمن قوته أن تصل الحزمة الإلكترونية الواحدة نوعا واحدا من الفسفورات فقط. وهكذا تكون كل حزمة صورة من لون واحد.



تسلط إشارة المشح الأفقي على المغنطيسين الكهربيين العلوي والسفلي.

## منح متشابك

تعرض على الشاشة في كل ثانية ٢٥ أو ٣٠ صورة كاملة - جلما أن الخطوط الوترية تعرض متناوبة مع الخطوط الشفعية جاعلة عند الصور ٥٠ أو ٦٠ صورة في الثانية. والمعروف أن زيادة معدل الصور على هذا النحو يحفض رعتها.

## المنح

في المستقبل التلفزيوني، تحرك الحزم الإلكترونية بسرعة عبر الشاشة بواسطة زوجين من المغنطيسات الكهربائية تعرف بالملفات الحارة للخطوط والمجالات. فتغير التيارات عبر هذه الملفات تتغير مجالاتها المغنطيسية حارة الحزم الإلكترونية أفقيا وعموديا على شاشة العرض.



## لمزيد من المعلومات انظر

- البينة الذرية ص ٢٤
- الراديو ص ١٦٤
- الطيف الكهرومغناطيسي ص ١٩٢
- الألوان ص ٢٠٢
- السينما ص ٢٠٨



يتألف الترايود من كاثود وأنود

## خلاصة البطارية

مُكَلَّفٌ مُتَغَيِّرٌ (وَضَبُّهُ الْمُوَالَفَةُ)

مَقْلَادُ انْتِقَاءِ الْخُرْمَةِ الْمَوْجِيَّةِ (أَمْوَاجِ)  
مَتَوَسَّعَةً بِتَرْدُّدٍ عَالٍ جَدًّا

فوائتي قضيتي من الفريث  
«الحديدية» (بلاماج المتوسطة)

الترانيم سنوارات نُضَحَّمُ الإشارات  
التي يلتقطها الهوائي

لوحة الدارة  
المطبوعة

هو اني قضيت  
مُتَدَا جُل (الترددات  
العالية جدا)

مقاوم منغيز (مضبط الجهازة)  
بمقلاد (مفتاح) وضل وقطع.

تتخكم المقاومة في شدة  
تبار الذرة. فالمقاوم العالي  
المقاومة يخرز تبارا خفيض  
الشدة نسجاً.

مُكَثِّفٌ مُتَغَيِّرٌ

عندما تُؤالَفُ الرادِّيُو على مَحطَّةِ إِذَاعَةٍ تُسَخِّدُ مَكْثًا مُتَعَيِّرًا بِحَوِيٍّ مَجْمُوعَةٍ أَوْ أَكْثَرَ مِنَ الصَّفَاحِ الثَّابِتَةِ وَالْمُتَحَرِّكِ الَّتِي يُمَكِّنُهَا التَّقَاطُعُ مَعًا دُونَ أَنْ تَتَمَاسَّ وَتَكُونُ مُوَاسِعَةً الْمَكْثُفِ فِي حَدِّهَا الْأَقْصَى عِنْدَمَا يَكُونُ تَقَاطُعُ الصَّفَاحِ الثَّابِتَةِ وَالْمُتَحَرِّكِ كَامِلًا. وَبِتَغْيِيرِ الْمَوَاسِعَةِ يَتَنَقَّى الرادِّيُو إِسَارَاتِ تَرْقُوٍّ مُخْتَلِفَةٍ.

الرَّادِّيُو النَّقَال

تحتوي الراديوات الثفولة مَقَوِّمَاتِ الكِتْرُونِيَّةِ مُتَعَدَّةً مُتَابِعَةً لِتَوْذِي مِهَامٍ مُخْتَلِفَةٍ . فَالْهَوَانِي يَلْتَقِظُ إِشَارَاتِ مَخَطَّاتِ الإِذَاعَةِ وَالتَّرَانِزِ تُسَوِّرَاتِ تَضَعُهَا هَذِهِ الإِشَارَاتِ . وَبِاسْتِطَاعَتِكَ اتِّبَاعَ الْمَحْطَةِ الَّتِي تُرِيدُ بِاسْتِخْدَامِ دَارَةِ التَّوَالُفَةِ الْمُؤَلَّفَةِ مِنْ مِلَفٍّ وَمُكْتَفٍ مُتَغَيِّرٍ . وَيَتِمُّ التَّحَكُّمُ فِي الْجَهَّازِ بِوَسْطَةِ مُقَاوِمٍ مُتَغَيِّرٍ يَضْبِطُ مُسْتَوَى الإِشَارَاتِ الصُّوْتِيَّةِ الَّتِي تُغْذِي الْمَضْحَمُ النَّهَائِيَّ وَالْمَجْهَارَ .

مختار

الدَّائِرَاتُ تُحوَّلُ  
الإِشَارَاتُ المُتَابَعَةُ إِلَى  
نِصْفَاتٍ تِيَارٍ مُسْتَقِيمٍ،  
وَبِذَلِكَ يُعْمَلُ عَادَةً  
تَكْوِينِ الإِشَارَةِ  
الصَّوْتِيَّةِ.

يُحوِّلُ المكثَّفُ نِيَضَاتِ التِّيَّارِ  
المستعِرِّ، مِنَ السُّفْطَلِ، إِلَى  
إِشَارَةٍ صَوْتِيَّةٍ سَلِسَةٍ  
بِإِقْيَانِهِ الشَّعْبَةَ بَيْنَ  
النُّضَاتِ،

شكل الإشارة  
الصوتية المضمولة  
بالأمواج الراديوية

مَقْبِلُ سَمَاعَةِ الرَّاسِ

## الاستقبال

الإشارات المضبوطة الشعة (إي إم) التي يبثها  
المرسل الراديوي هي أمواج لابلورية متغيرة  
الشعة. هوائي المستقبل يحول كل هذه  
الأمواج إلى إشارات كهربائية مضاهية تنقي  
منها دائرة الموائمة الإشارة المطلوبة.

الكشف (الاستخلاص)

تَحُلُّ الإِشَارَةُ الْمُتَقَدِّمَةَ مِنْ دَارَةِ الْمَوَاقِفِ إِلَى  
الْمَآثُودِ، الَّتِي يُحَوِّلُ الْأَمْوَاجَ إِلَى تَبْصِائٍ  
كَهْرِبَايَّةٍ تَشْحُنُ الْمُكْتَفٍ. وَحَيْثُ إِنَّ الْمُكْتَفِ  
يَحْفَظُ مُعْظَمَ الشَّخْصَةِ بَيْنَ التَّبَصُّاتِ، فَإِنَّ  
الإِشَارَةَ عَمَرَهُ شَبِيهَةً بِإِشَارَةِ الصَّوْتِ الْأَصْلِيِّ.

شارة الصوت  
نفضات الإشارة  
المنقولة بالدايود  
الأصلية

الإشارة ع  
المكشوف.



## مقومات حديثة

منذ العام ١٩٥٠ وتواليه بدأ تصنيع العديد من المقومات الإلكترونية بحجم أصغر بكثير، كما طُورت مقومات جديدة، وكُلها من الصغر بحيث أصبحت المعدادات المصغرة جدًا شيئًا مألوفًا. حاليًا تتواجد هذه المقومات، من ترانزستورات ومقاومات ودايودات ومكثفات، في العديد من الأدوات الإلكترونية المتداولة. كما حققت التكنولوجيا الحديثة مقومات أكثر موفرة، كالدايودات الضوئية (الصمامات الثنائية الباعثة للضوء) التي أخذت تحل محل الصمامات الدلالية لأنها تكاد لا تعطل أبدًا.



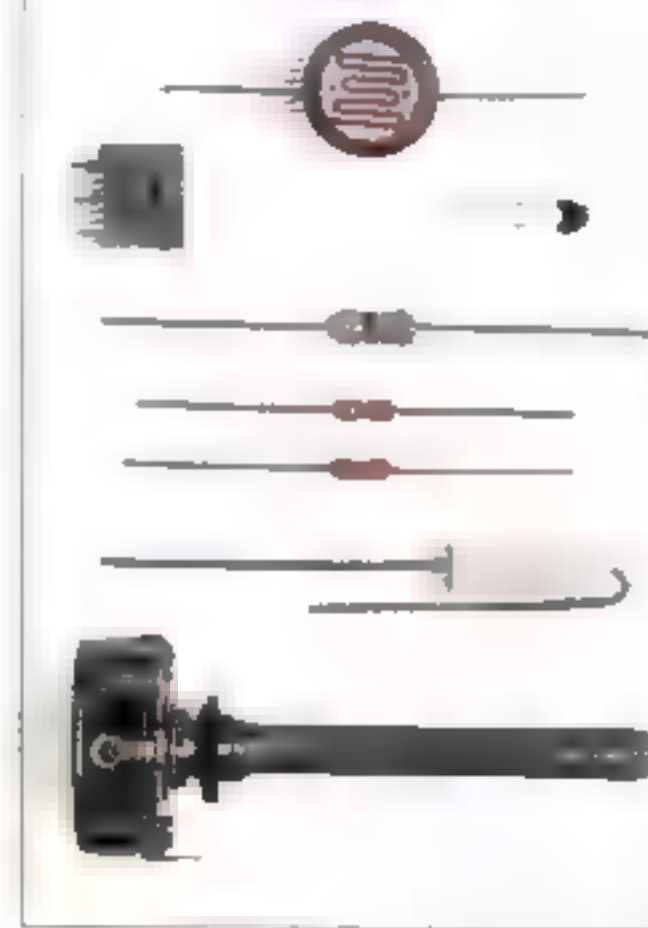
مقاومة صوتية  
الاعتمادية.

في واجهة المشيخ اللبلي الأوتوماتي اعلاه، يوجد مقاومة حساس للضوء، تتزايد مقاومتها في العتمة. وتتأثر دارة إلكترونية بهذا التغير فتشغل التيار ليثيره ليلاً.

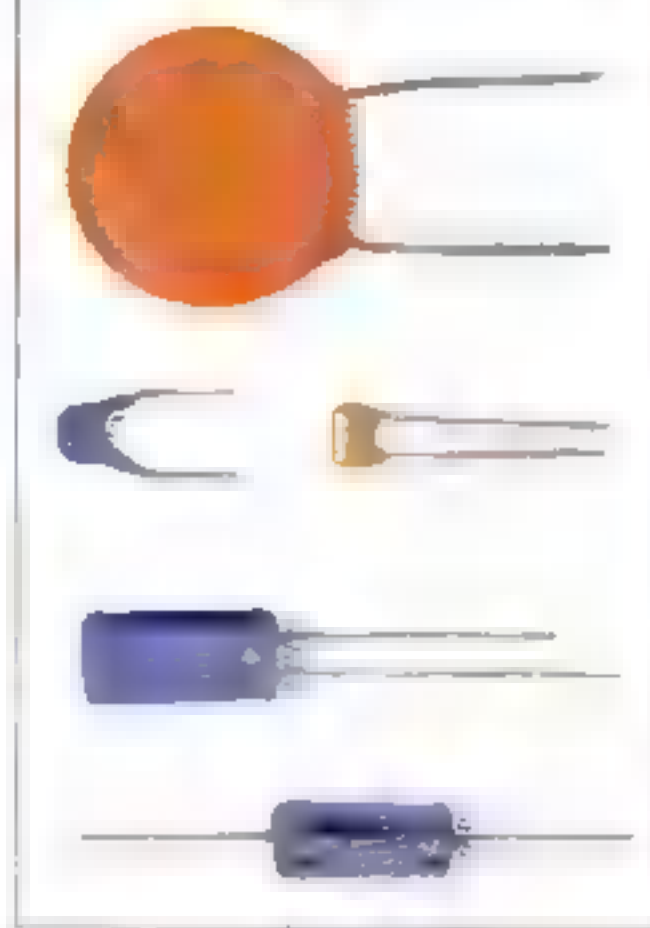
## المقاومات

يجري التحكم في شدة التيار الساري في دارة كهربائية بالمقاومات؛ فالمقاومة العالي المقاومة يمر تياراً صغيراً نسبياً. والمقاومات المتغيرة المصنوعة من الكربون أو الأسلاك ذات غلافين التزلاقي يمكن به تغيير المقاومة. أما المقومات الضوئية الاعتمادية فتقل مقاومتها باشتداد الضوء؛ كما إن معظم المقومات الحرارية الاعتمادية (الترانستورات) تقل مقاومتها بارتفاع درجة الحرارة.

## مقاومات



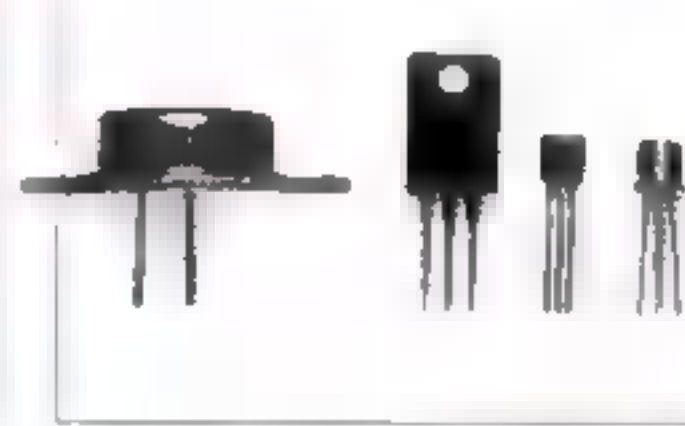
## مكثفات



## دايودات



## ترانزستورات



## الدايودات (الصمامات الثنائية)

الدايودات في دارة إلكترونية، تسمح بمرور التيار الكهربائي في اتجاه واحد فقط. وهكذا فهي تحول التيار المتناوب إلى نبضات من التيار المستمر. تستخدم بعض الدايودات للاضطلاع بالتيارات الضعيفة؛ بينما تستطيع أخرى تداول التيارات العالية جداً. ومن الدايودات ما هو ضوء (باعث للضوء) فيستخدم كصمام دليلي.

## الترانزستورات (المحورزات)

الترانزستورات مقومات تضخم التيار الكهربائي، ويمكنها أيضاً وصله وقطعه. وتختلف الترانزستورات تبعاً لمدى تردد الإشارات التي تستطيع تداولها. معظم الترانزستورات لا تستهلك سوى بضعة ملي أمبيرات فقط من مورد فلطنته ١٢ فولتاً أو أقل. والترانزستورات التي تتداول قدرات عالية تسخن. لذا فهي تزود بباطن تبريدية مبردة، تدعى بواحد حرارية، لإشعاع الحرارة.



## مقومات الدايود

## الضوء

تتألف الدايودات الباعثة للضوء من موصل شبه موصل في كبسولة لدائنية. ينبعث الدايود نوراً عندما يمر تيار عبره. والدايودات الضوئية نادرة التعطل جداً لذا تستخدم بدلاً من الصمامات.



## المضخم

يحوي المضخم دائرة تكبير الإشارة الكهربائية الصغيرة. وتغذي الترانزستورات الإشارة المضخمة (المقواة) إلى المجهر.

## المنبعث



## مقومات الترانزستور

تتألف هذا الترانزستور من طبقة شبه موصل من النمط م (النمط الإيجابي) محصورة بين طبقتي شبه موصل من النمط س (النمط السلبي). الطبقة الوسطى هي قاعدة الترانزستور، أما الطبقتان الخارجيتان فتؤلفان المنبعث والمجمع.



## تتضمن وحدة الوض

مكتفا يختزن شحنة كهربائية، فعندما تنطلق الشحنة إلى صمام خاص، يتولد وميض ساطع.

## المكثفات

المكثفات تباطئ تختزن شحنة كهربائية وتطلقها عند الحاجة. وتتألف المكثف من طبقتين فلزييتين تفصل بينهما طبقة عازلة، كاللدائن مثلاً. أما المكثفات الكهربائية فتصنع بتربيب طبقة عازلة بالكهربية على صفائح من الألومنيوم. وتختزن المكثفات المختلفة القيمة السعوية كميات مختلفة من الشحنة عندما تمر الفلطة نفسها عبر صفائحها.



## الدايودات الضوئية

تستخدم الدايودات الضوئية لإدارة الأرقام في بعض الحاسبات، أو كمؤشرات على اللوحات الإلكترونية. وتتألف مؤشرات مستوى الصوت في بعض المضخمات من أعمدة من هذه الدايودات، إذ يزداد عدد الدايودات المنيرة بزيادة مستويات الصوت.

## لمزيد من المعلومات انظر

- الكهربية (التحليل بالكهرباء) ص ٦٧
- الكهرباء الثابتة ص ١٤٨
- الدارات الكهربائية ص ١٥٢
- الراديو ص ١٦٤
- الدارات المتكاملة ص ١٧٠
- الحاسبات ص ١٧٢
- حقائق ومعلومات ص ٤١٠



# الدَّاراتُ المتكاملة

هنالك جزءٌ صغيرٌ داخلَ اللعبة الإلكترونية يتحكّم في سائر أنشطتها - يُحرّك الأحرف أو الرّموز على الشاشة، يُسجّل الإصابات، ويصدّر الطّنين إذا رُبِحت أو خِيرت. هذا الجزء الصغير هو دائرة متكاملة (أو رُقاقة سليكونية) دقيقة لا تتجاوز مساحتها بضعة مليمترات مُربعة. الرُقاقة تضمّ المقومات الإلكترونية كلّها؛ وهناك الآلاف منها على الرُقاقة السليكونية الدقيقة. تُؤدّي الدارات المتكاملة مُختلف المُهمّات نفسها التي تقوم بها الدارات المصنوعة من مقومات إلكترونية مُنفصلة. والرّقاقات بكونها قليلة كلفة التصنيع وعالية الموثوقية، أسهمت في جعل المُعدّات الإلكترونية أرخص ثمنًا وأصغر حجمًا وأكثر كفاءة وفعالية.

## لُعبة إلكترونية

اللّعب الإلكترونية البدئية هي حاسبات مُكرّسة مُبرمجة لأداء عمل مُعيّن فقط. فاللّعبة أعلاه تُعرض على شاشتها مشهدًا فضائيًا يقوم فيه اللاعبون بإطلاق النار على السفن الفضائية المُعادية.

## تصميم الدّارة

قبل أن تُصنع الدّارة المتكاملة، يرسم مُخطّط كبير لها بالكامل ويُراجع للدقّة. وحيث إنّ الدّارات المُتكاملة تُركّب من طبقات، فإنّه يُصار إلى تصميم كلّ طبقة على حدة ورسمها. ثم يُصنّع من هذه التصميمات نسخة بحجم الرُقاقة تُدعى القناع.



## الدّارات المُصغّرة

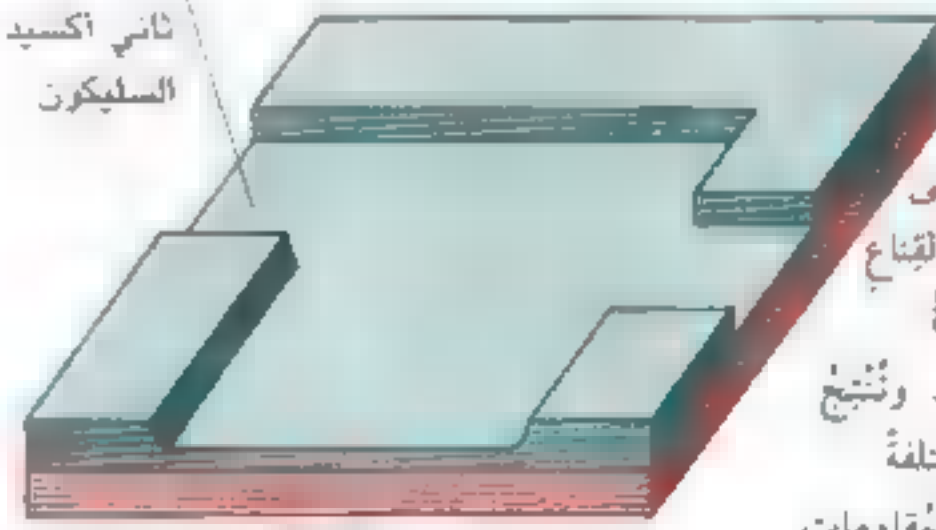
تُشكّل دارات مُتكاملة مُتعدّدة في الوقت نفسه على الرُقاقة السليكونية، وهي شريحة من بلّورة سليكون نقيّة. بعد التصنيع تُختبر كلّ دائرة مُفرّدها إلكترونيًا، ثم تُركّب الدّارات التي نجحت كلّ الاختبارات بنجاح في كبسولة لدائنية أو حزقيّة واقية.

## الرُقاقة السليكونية شبه

## صنّع الرّقاقات

تُصنّع مقومات الرُقاقة برصاف شبه مُوصّلات من السّيلينيم و م و س وموادّ أخرى على القاعدة السليكونية، باستخدام القناع المُعيّن دليلاً، وتُستخدَم الحرارة والكيمياء في تشكيل المواد. وتنتج التوليفات المختلفة مقومات مُختلفة كالترانزستورات والدّايودات والمقاومات والمُكثّفات الخفيفة الشّعة. إلى اليسار تُرى ثلاثًا من المراحل المُتعدّدة التي يتطوّر عليها إنتاج مقوّم واحد على الرُقاقة - هو في هذه الحال ترانزستور من نوع خاص ذو إلكترون مركزي مُغرول.

طبقة عازلة من ثاني أكسيد السليكون



## لَوْحَةُ الدّارة

بعض البانط البسيطة يحوي رُقاقة رئيسية واحدة وبضعة مقومات أخرى. لكن الأجهزة الأكثر تعقيدًا، كالحاسوب، قد تحوي رقائق عديدة مُركّبة على لوحة دارات مطبوعة، حيث التوصلات بين الرّقاقات والمقومات الأخرى «مطبوعة» بالنحاس.



الكثود ترانزستوري من البوليسيليكون

ثاني أكسيد السليكون

شبكة مُوصّلة من النمط من للإلكترونيات الخارجية.

مُوصّل الرُقاقة بلوحة الدّارة بواسطة دبابيس بارزة.

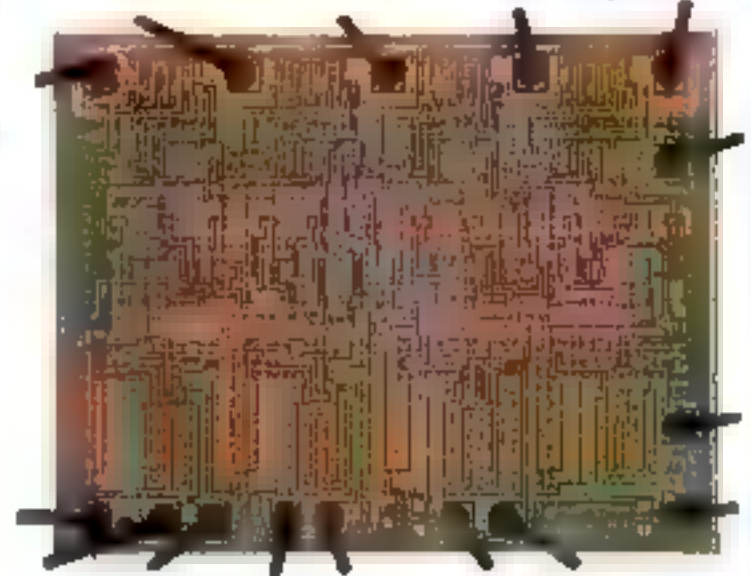


سليكون من النمط

التوصيلات إلى الإلكترونيات تُصنّع من مُوصّل هو الألومنيوم.

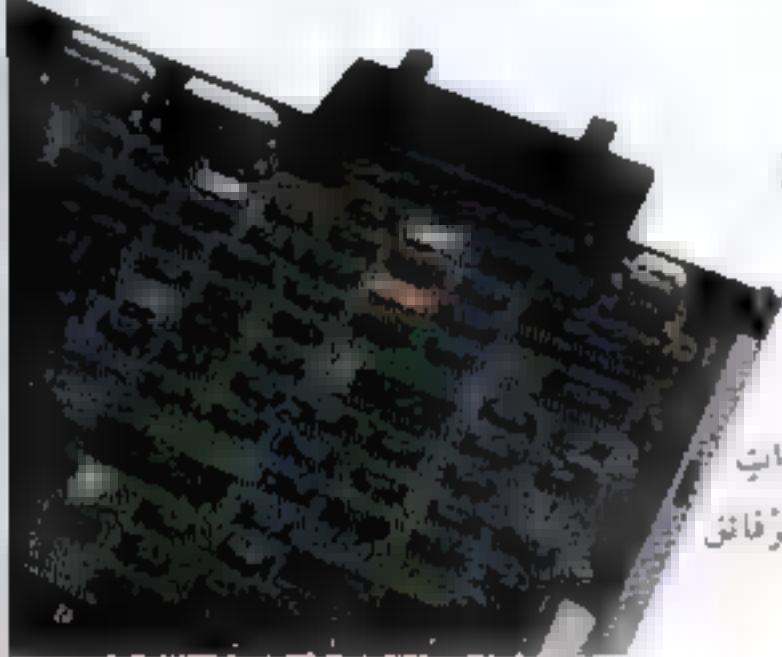
ثاني أكسيد السليكون

لا يزيد عرض هذا الترانزستور على واحد بالآلاف من المليمتر.

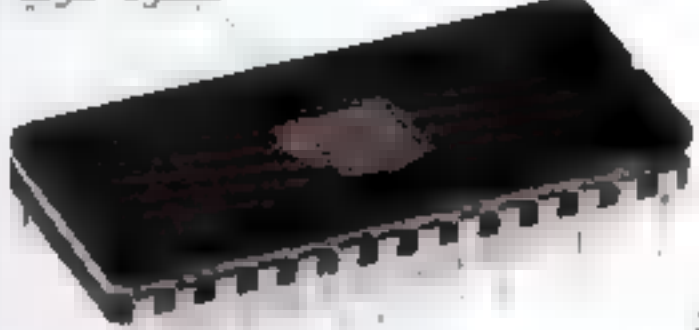


## في داخل الرُقاقة

هذا جزء من سطح رُقاقة سليكونية (دائرة مُتكاملة) مُكبّر ٤٠ مرّة. وتُسمّ التوصيلات بدارات أخرى غير أسلاك رفيعة تُلحم بوسيدات حول أطراف الرُقاقة.



رُقاقة في وسط كبسولة خزفية



## رُقاقة كَبسُولِيّة

«الرُقاقة» التي تُشاهدنا على لوحة دائرة هي في الحقيقة كبسولة تحمي رُقاقة في داخلها. وتتمّ التوصيلات بين الرُقاقة ولوحة الدّارة بواسطة أسلاك من الذهب مُتصلة بمسامير فلزيّة تبرز من الكبسولة. وهذه المسامير تُلحم بلوحة الدّارة أو توصّل بالقَبس في مقابس خاصة.



## استخدام الدارات المتكاملة

تستخدم لعبة الكرات (المتحركة) والمسامير هذه دائرة متكاملة بسيطة تحوي عدة بوابات منطقية - تتألف الواحدة منها من بضعة ترانزستورات ومقومات أخرى. وتستجيب البوابة المنطقية لتواجد أو غياب الإشارات الواردة، وتضبط الخرج الملائم. وتشغل الرقاقة دايودات ضوئية ملونة تبيّن الشقوق التي تدخلها الكرات (الفلزية)، وتحدد الرّيح أو الحسارة. ولكي يربح اللاعب، عليه إدخال كرة واحدة على الأقل في كل من الشقين الأزرق والأصفر، على ألا يدخل أيًا في الشق الأحمر. وفي حالة الرّيح، يضيء الدايود الأخضر كما يضيء الأحمر في حالة الحسارة.

ما لم تدخل كرة الشق الأحمر «ج»، لا يحصل دخل في بوابة «لا». وفي هذه الحال ترسل إشارة الخرج إلى بوابة «و».

دايود ضوئي

مقاوم

بوابة «و»

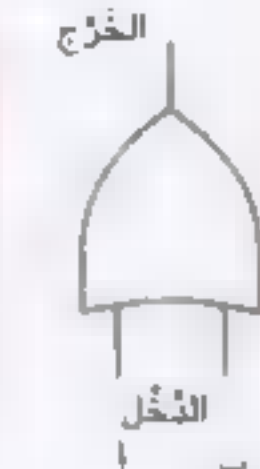
تُعطي بوابة «و» الثلاثة الدخل إشارة خرج فقط عندما تتواجد إشارة في كل من مواقع الدخل الثلاثة. وهكذا تُعطي بوابة «و» خرجًا عندما تتواجد كرة في أحد الشقين الأزرقين، وفي أحد الشقين الأصفرين ولا كرات في الشق الأحمر. والخرج من بوابة «و» يضيء الدايود الأخضر دليلًا على الرّيح.

## بوابة «و»

تُعطي بوابة «و» المزدوجة الدخل خرجًا عندما تسقط إشارة إلى كلا موقعي الدخل.



الخرج	الدخل ب	الدخل أ
0	0	0
0	0	1
0	1	0
1	1	1



الخرج	الدخل ب	الدخل أ
0	0	0
1	0	1
1	1	0
1	1	1

## بوابة «أو»

تُعطي بوابة «أو» المزدوجة الدخل خرجًا عندما تسقط إشارة إلى أحد موقعي الدخل أو كليهما.

## بوابة «لا»

تُعطي بوابة «لا» خرجًا عندما لا تسقط إشارة إلى دخلها. كما لا تُعطي إشارة خرج بوجود إشارة دخل. أحيانًا تُدعى بوابة «لا» عاكس القطر.



الخرج	الدخل
1	0
0	1

## قياس الإشارة

لتحويل الإشارة النظرية (القياسية) إلى إشارة رقمية، تقبل دائرة متكاملة شدة الإشارة النظرية آلاف المرات كل ثانية. ثم تُحوّل هذه القياسات إلى النمط الصحيح من الإشارات الرقمية.

إشارة كهربائية تكونها موجة صوتية

الجهارة

موجة صوتية

الجهارة

الجهارة

الجهارة

الجهارة

الجهارة

الجهارة

الجهارة

الجهارة

الجهارة

الجهارة

الجهارة

الجهارة

الجهارة

الجهارة

الجهارة

الجهارة

الجهارة

الجهارة

الجهارة

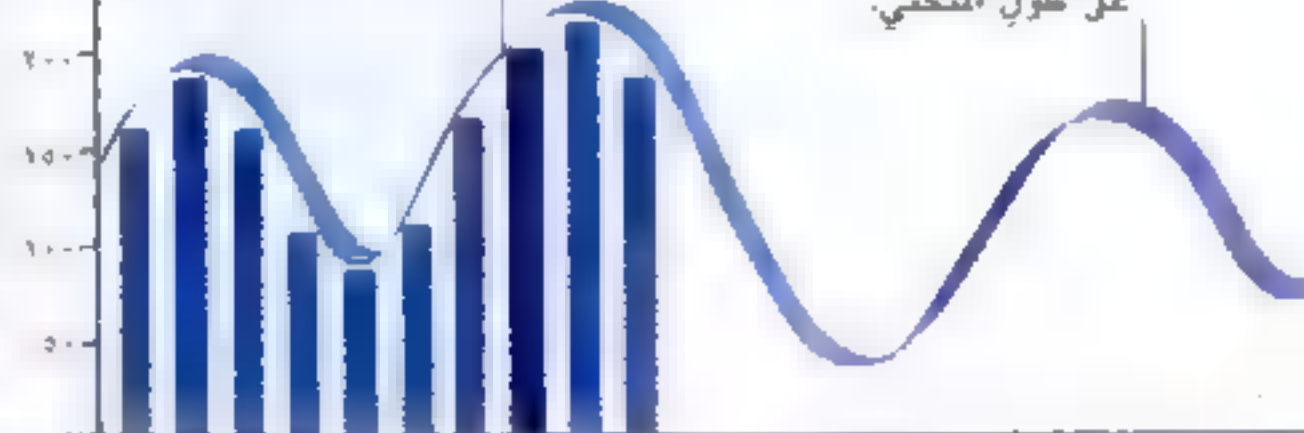
الجهارة

الجهارة

الجهارة

الجهارة

تُقاس الإشارة النظرية وتُحوّل إلى نبضات رقمية في عدة نقاط على طول المنحنى.



178	65	22	16	8	4	2	1
-----	----	----	----	---	---	---	---

القيمة 200 يُغيّر عنها في الترميز الرقمي الثنائي بالعدد 1100100 الذي يُعتمَد 178 + 65 + 8 أي  $(2^7 + 2^6 + 2^3)$ . والفعل (-).

## دائرة الكرات (المتحركة) والمسامير

عندما ندخّل كرة إلى أحد الشقوق تحدث توصيلتها تماسًا بين التلامسين الفلزيين اللذين يتصل أحدهما بقطعة موجهة ضعيفة. وهكذا فإنّه عند عبور كرة إلى شق، يوجّه ذلك الشق الإشارة المُسلّطة إلى إحدى البوابات - علمًا أنّ الدارة مَرْتَبَة بحيث يضيء الدايود ذو اللون الصحيح في الشق المفعّل. إنّ تمديدات القدرة إلى البوابات المنطقية لا تظهر في الرسم أعلاه.

## البوابات المنطقية

تعمل البوابات المنطقية بإشارات رقمية - غالبًا بوجود أو غياب قطعة موجهة ضعيفة. وتبيّن جداول الصواب نتائج تسليط الإشارات المنطقية على هذه البوابات. في جدول الصواب يُدوّن وجود الإشارة بالرقم 1 وعدم وجودها بالصفر (0).

## من النظري (القياسي) إلى الرقمي

تستخدم دوائر متكاملة مُصمّمة خصيصًا لتحويل الإشارات النظرية، كالإشارة الصوتية، إلى أشكال رقمية يمكن تخزينها في أسطوانة مُدمّجة (مرصوفة) مثلاً. وهذا يَكسِب الصوت نوعية أفضل بكثير لأنّه لا يشوّه بالتضخيم ولا يَلْتَفِظ الأصوات الدخيلة. كنهيس البلى في الأسطوانات المُسجّلة. والإشارات الرقمية يُعاد تحويلها عند الاستقبال أو الاستعادة إلى إشارات نظرية (قياسية) هي، في الواقع، نسخ كهربائية نظرية للصوت أو الرؤية أو لإشارات أخرى، فتغيّر باستمرار. أمّا الإشارات الرقمية فتألف من نبضات بسيطة من الوصل والقطع.

## لمزيد من المعلومات انظر

مقومات إلكترونية ص 178  
الحاسبات ص 172  
تسجيل الصوت ص 188  
حقائق ومعلومات ص 410



# الحاسبات



## مكنة الفروق

هذه الحاسبة البدائية المعقدة كانت أولى الحاسبات التي صممها شارل باباج، وفيها أكثر من ٢٠٠٠ قطعة متحركة.

## شارل باباج

في مطلع الثلاثينيات من القرن التاسع عشر، صمم الرياضي الإنكليزي شارل باباج (١٧٢٩-١٨٧١) حاسبة ميكانيكية سميت «المكنة التحليلية». وكان مقترضا لها أن

تحتوي مخزنا أو ذاكرة، للأرقام، ووحدته حاسبة لإجراء العمليات الحسابية حسب التعليمات الواردة من وحدة التحكم. وكان من ضمن التصميم أن تغذي المكنة بالتعليمات (البرامج) مُرمزة كأنماط من الثقوب في بطاقات مخرومة - بحيث تكون قابلة للبرمجة (على عكس مكينات الفروق)، كما هي الحال في الحواسيب الحديثة التي أعتمدت أساسا هذه الأفكار. لقد كُرس باباج عدة سنوات من حياته وأنفق الكثير من ثروته على هذه المكنة التي لم تر النور.

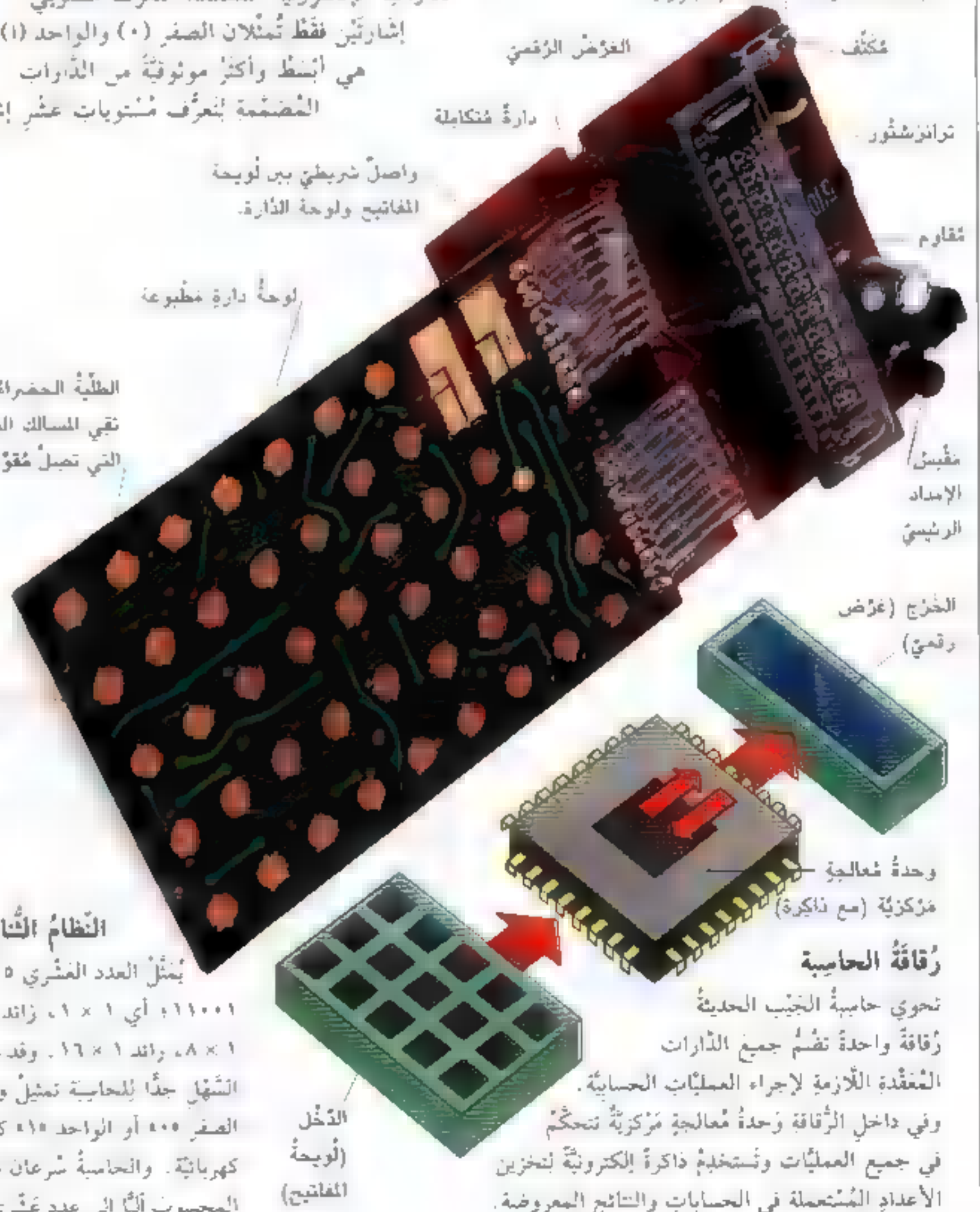


بعض الناس يستخدمون أصابعهم للعد والحساب، ولعل هذا هو سبب اعتمادنا النظام العشري أساسا لحساباتنا. نستخدم نظام العد العشري الأرقام العشرة من ٠ (صفر) إلى ٩ (تسعة). أما الحاسبات الإلكترونية الحديثة فنستخدم نظام العد الثنائي ذا الرقمين ٠ (صفر) و ١ (واحد). ذلك لأن الدارات الإلكترونية المصممة لتعرف مستويين إشارتين فقط تمثلان الصفر (٠) والواحد (١)، هي أبسط وأكثر موثوقية من الدارات المصممة لتعرف مستويات عشر إشارات.



## حاسبة الجيب

حاسبة الجيب، أعلاه، تحتوي ذاكرة إضافية لتخزين الأعداد التي يحتاج إليها في الحسبة لاحقا. كما يمكنها إيجاد الجذور التربيعية للأعداد، والنسب المئوية للزوايا.



الطبقة العازلة  
تقي المسالك النحاسية  
التي تصل مقومات الدارة.

واصل شريطي بين لوحية  
المفاتيح ولوحة الدارة.

لوحة دائرة مطبوعة

ملاصق مقلادية  
تتصل عند ضغط  
أزرار لوحية المفاتيح.

## النظام الثنائي

يمثل العدد العشري ٢٥ مثلا، في النظام الثنائي - ١١٠٠١ أي ١ × ١٦ + ٢ × ٨ + ٤ × ٤ + ٠ × ٢ + ١ × ١. وقد يبدو هذا لنا معقدا، لكنه من السهل جدا للحاسبة تمثيل واختزان وتعرف كل من الصفر ٠٠٠ أو الواحد ٠٠١ كأنعدام أو وجود قطب كهربائية. والحاسبة شرعان ما تحول العدد الثنائي المحسوب أي إلى عدد عشري يظهر على إضاءة العرض.

## لوحية المفاتيح

تعلق المقاليذ خلف لوحية المفاتيح لفترة وجيزة عند ضغط مفاتيح الأرقام والتعليمات الأخرى (مثل +، -، ×، ÷ أو =). ونكشف الدارات الإلكترونية المدخلات إلى الحاسبة فتختزنها بشكل ثنائي. ثم تقوم دارات أخرى بالعمليات الحسابية.

## لمزيد من المعلومات انظر

- العلماء - كيف وماذا يعملون! ص ١٤
- الخلايا والبطاريات ص ١٥٠
- مقومات إلكترونية ص ١٦٨
- الدارات المتكاملة ص ١٧٠
- الحواسيب ص ١٧٣
- حقائق ومعلومات ص ٤١٠



# الحواسيب

تستطيع الحواسيبُ مساعدتك في كتابة الرسائل ورسم الصور والسُّلوى بالألعاب وإجراء العمليات الحسابية بسرعة، وفي القيام بمهام عديدة أخرى. فقد يلزمك مثلاً، ساعاتٍ لحساب وتدوين جدول ضرب العدد ١٢ حتى ٣٠٠٠ ضرب ١٢؛ لكن الحاسوب يستطيع إنجاز ذلك في جدولٍ أنيق الطباعة خالي من الأخطاء ضمن دقائق معدودات. يتناول الحاسوب النصوص المختلفة بتخزينها رموزاً تمثل حروف الأبجدية والفُصحى وعلامات الترقيم؛ واستخدام الحاسوب في كتابة النصوص وتحريرها يُسمى معالجة الكلمات. ويساعد الحاسوب أيضاً في إنتاج المخططات والرُّسوم البيانية دون الحاجة إلى ورقٍ وأقلام. وفي أعمال النشر النضدي يجمع الحاسوب الكلمات والصور لإنتاج الجرائد والكتب والمجلات في المكتب. فيتواجد البرامج والمعدات (العتاد) الحاسوبية الملائمة يمكنك القيام بجميع هذه الأشياء وكثير غيرها.



الحاسوب المنضد

الحاسوب المنضد الحقيقي يمكن الناس من الفصل أثناء السفر. بعض هذه الحواسيب يخزن المعلومات في ذاكرة متداومة القدرة بينما يخزن بعضها الآخر المعلومات في وحدة تخزين قرصية.

## الحاسوب البيتي

الحاسوب المنزلي النموذجي مزودٌ ببنائٍ لإدخال البيانات (المعلومات) والبرامج. وفي داخله دوائر إلكترونية تقوم بالعمليات وترسل النتائج إلى بنائٍ الخرج. وتغذي الحاسوب بالبرامج المسجلة على أشرطة مغناطيسية أو أقراص مباشرة أو باستنطاقها في وحدة خاصة؛ كما يمكن تغذيته بالمعلومات باستخدام لوحة مفاتيح أو أي نية إدخال أخرى. أما خرج الحاسوب فهو عادةً على شكل كلمات أو أرقام أو صور تُعرض على شاشة أو تُطبع على ورقٍ أو تُبث أصواتاً عبر المجهر. ويمكن تخزين هذا الخرج على شريط أو قرص.



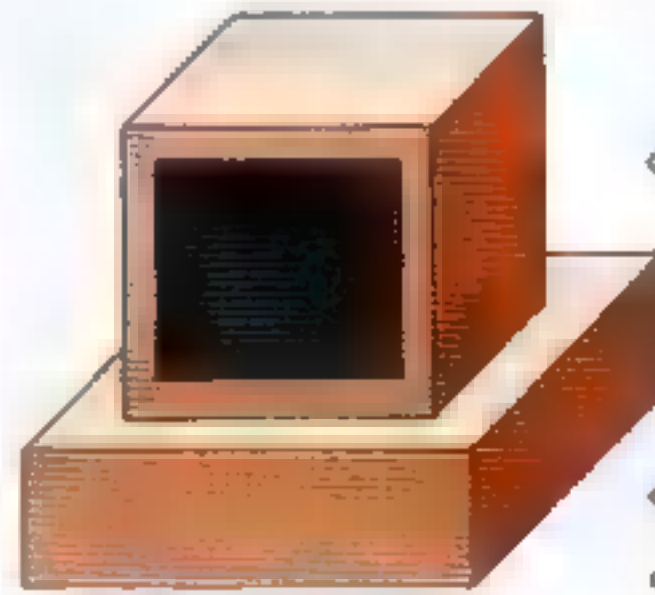
تستخدم لوحة المفاتيح لإدخال المعلومات والأوامر.

عند تحريك فأرة الحاسوب تدور كُرّة في أسفلها، وينحرف ذراعها إلى إشارات إلكترونية تحرك مؤشرًا على الشاشة.



عند جرّ المرقم على لوحة المخططات، تتحول الحركات إلى إشارات كهربائية، تجعل الحاسوب يحاكيها خطوطاً على الشاشة.

في ممارسة بعض الألعاب الحاسوبية تُستخدم الذراع تحكم لتوجيه المركبات حول الشاشة.



التخزين

الكميات الضخمة من المعلومات والتعليمات التي يتناولها الحاسوب لا بد لها من تخزين. والتعليمات التي تولّف البرامج تُخزن عادةً كنبضات على أشرطة مغناطيسية أو أقراص؛ فتغذي هذه التعليمات إلى الحاسوب وتُخزن مؤقتاً في رقائق الذاكرة. وهناك رقائق أخرى في الحاسوب تُخزن التعليمات على الدوام - كـ بعض الرسائل التي تُعرض على الشاشة لتُبنى المستخدم ماذا يفعل تالفاً. وكثيراً ما تُستخدم الأشرطة المغناطيسية والأقراص أيضاً لتخزين ما أنتج من أعمال على الحاسوب.



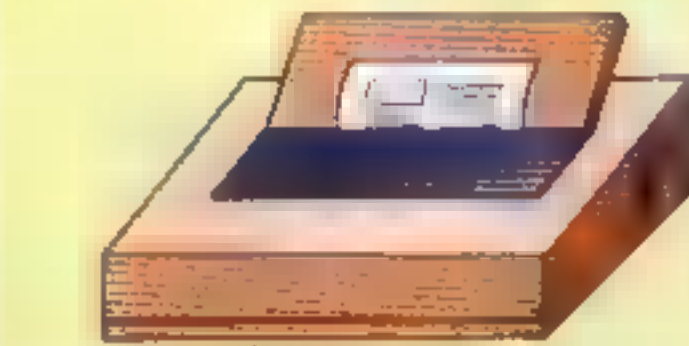
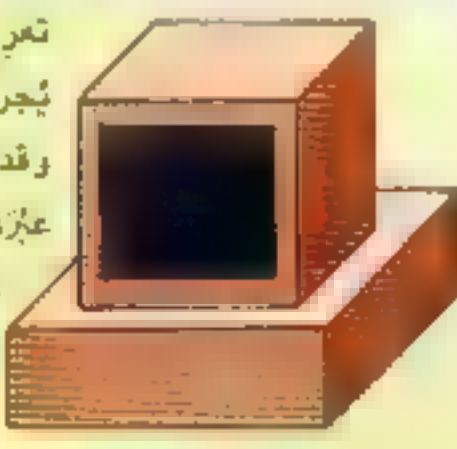
تُخزن الرقائق يمكن استخدامها  
البرامج الكليبات في  
والمعلومات تخزين البرامج  
كنبضات والمقليات.  
للإلكترونية.

تستطيع الأسطوانة المدمجة  
الواحدة، ذات الذاكرة القرصية  
فقط، تخزين كمية ضخمة من  
المعلومات - كـ محتويات مدّة  
كتب مثلاً.

## نباائط الإخراج

يمكنك عادةً مشاهدة عمل الحاسوب بشراقة شاشته، كما يمكنك الحصول على تسجيل دائم له في نسخ مطبوعة، بإرسال المعلومات في الحاسوب إلى الطابعة. أحياناً يُغذى خرج الحاسوب إلى حاسوب آخر عبر خط تلفوني باستخدام المودم (المُضَمِّن المُستَخلص). وتستطيع الحواسيب أيضاً نقل توجيهاتها إلى الروبوتات لتحرك حسب رغبتنا.

تعرض الشاشة ما يُجريه الحاسوب؛ وقد تُبثك الرسائل عبرها ما ينبغي عليك عمله تالفاً، أو تُحذرك من بعض المشاكل.



الكثير من الطابعات تُشكل حروفاً وضوئاً باستخدام مجموعات من النقاط.

المودم (المُضَمِّن المُستَخلص) يُحوّل إشارات الحاسوب بحيث يمكن تنقلها بالخطوط التلفونية بين الحواسيب.



تُزعم الروبوتات للقيام بتجميع السيارات وفي أعمال صناعية أخرى.





## العتاد والبرامجيات

يحتاج الحاسوب إلى معدات (عتاد مادي) وأطقم معلومات وتعليمات (برامجيات)، بالإضافة إلى برامج تُنظم تشغيلها، كي يُنجز أعمالاً مفيدة. يتعامل الحاسوب بالمعلومات والتعليمات على شكل إشارات إلكترونية تمثل أحاد وأصفار النظام الثنائي. إن كتابة البرامج على هذا الشكل تستغرق وقتاً طويلاً، لذا تجري كتابتها بلغات برمجة خاصة تشبه الإنكليزية نوعاً. وهذه اللغات تتحول أوتوماتياً إلى شكل يفهمه الحاسوب.

## الحاسوب

الحاسوب الشخصي صندوق يحوي الوحدات الإلكترونية الرئيسية، ومجهز بمقاييس لتوصيل ماخذ الإمداد ولوحة المفاتيح والمراقب والطابعة وأجهزة أخرى. تُركب وحدات الأقراص (المستأققات) عادة داخل الصندوق لكن الجهاز يزود غالباً بمقاييس لتوصيل مستأققات أخرى.

توجد هذه المقاييس (المفاتيح) الخثر - لوحة المفاتيح.

## لوحة المفاتيح

لوحة المفاتيح تضم الكثير من مقاييد انضغاطية الأزرار موسومة بالحروف ورموز أخرى. والذي يحدث عند كسب مفتاح معين منها يتوقف على كيفية برمجة الحاسوب. فقد تعرض ضغطة المفتاح حرفاً معيناً على الشاشة، أو تحرك شخصته في إحدى ألعاب المغامرة، بأنجاء معين.

## الحواسيب

١٦٤٢ بليز بشكان (١٦٦٣-١٦٦٢) بيكر مكنة حاسبة ميكانيكية.  
١٨٠٥ جوزيف جاكارد (١٧٥٢-١٨٣٤) يصنع نولاً أوتوماتياً تضبط أنماط نفوش بطاقات ثقبة. وقد استخدم مثل هذه البطاقات في الحواسيب لاحقاً.  
١٨٣٣ شارل باباج يصمم المكنة التحليلية - أول حاسوب عام الأغراض قابل للبرمجة.  
١٨٩٠ هيرمن هولريث (١٨٦٠-١٩٢٩) يستخدم نظام البطاقات المثقبة، مُسرّعاً إحصاء السكان في الولايات المتحدة الأمريكية بناتج السرّات.  
١٩٤٦ المهندسون في الولايات المتحدة يصنعون أول حاسوب إلكتروني رقمي.  
١٩٥١ فريق المهندسين ذاته يصممون شيفاك - أول حاسوب يُصنع على نطاق واسع بصورة صغيرة لإدارة مكتبة.

## المراقب

المراقب أو وحدة العرض المرئي، هو عادة وحدة منفصلة يربطها كبل بالحاسوب. تصمم مراقب الحواسيب بحيث تعطي صوراً عالية النوعية - يقرأ ما على الشاشة فيها دون إجهاد البصر. بعض الحواسيب على اتصال دائم بمراقب.

## المراقبة التوفيرية

الحواسيب الرخيصة تحوي مُصمّناً يُحوّل إشارات الحاسوب إلى إشارات شبيهة بالإشارات التي تحمل البرامج التلفزيونية. وهذا يُمكن من موافقة هذه الإشارات وعرضها على جهاز تلفزيوني عادي. غير أن نوعية الصورة لا تُضاهي تلك التي تُوفرها المراقب المصمّم بالحواسيب؛ وقد تتأخّر قراءة الكلمات عليها.

الخروج على الشاشة أو الطابعة

رقاقة ذاكرة الوصول العشوائي

وحدة المعالجة المركزية

الإدخال عن طريق لوحة المفاتيح

رقاقة ذاكرة القراءة فقط

## وحدة المعالجة المركزية

وحدة المعالجة المركزية هي مركز عمليات الحاسوب؛ وتتألف من أعداد كبيرة من الدارات الإلكترونية المنفجة في رقاقة واحدة تُسمى المعالج الصغري. تتلقّى هذه الوحدة المعطيات من لوحة المفاتيح ومن ذاكرة القراءة فقط، كما من ذاكرة الوصول العشوائي. ويمكنها أيضاً إرسال البيانات أو المعطيات للتخزين في ذاكرة الوصول العشوائي، وإرسال البيانات إلى المراقب (والى نايط الخرج الأخرى).

## لمزيد من المعلومات انظر

- العلماء - كيف وماذا يعملون؟ ص ١٤
- المغناطيسية ص ١٥٤
- التلفزيون ص ١٦٦
- الدارات المتكاملة ص ١٧٠
- الحاسبات ص ١٧٢
- استخدام الحواسيب ص ١٧٥
- حقائق ومعلومات ص ٤١٠

## ذاكرات الحاسوب

تخزن رقائق ذاكرة القراءة فقط المعلومات التي يحتاجها الحاسوب على الدوام؛ وتؤلف رقائق أخرى ذاكرة الوصول العشوائي. ذاكرة القراءة فقط تشبه الكتاب يُنقى منها الحاسوب المعلومات، ولا يُضيف إليها شيئاً؛ فيما ذاكرة الوصول العشوائي تشبه المفكرة يُخزن فيها الحاسوب معلومات يستطيع استخدامها أو تغييرها عند الحاجة؛ لكن هذه المعلومات تُفقد عند وقف الحاسوب. والأقراص أيضاً نايط تخزين؛ وتستخدم الفترة منها في نقل المعلومات بين الحواسيب.



# استخدام الحواسيب

الحواسيب البيئية، في معظمها، ذات برامج متعددة، فيمكن استخدامها بطرق مختلفة في الألعاب الحاسوبية مثلاً، أو في معالجة الكلمات. لكن الكثير من الحواسيب هي مكنات مكرسة تختص بعمل واحد فقط، وتختلف شكلاً عن سواها. فممكنة صرف النقد في المصارف مثلاً، تستخدم التقنية الحاسوبية لتدقيق حسابات الزبائن وتمكنهم من سحب النقود. والممكنة المصرفية هذه هي مطراف حاسوبي متصل بحاسوب المصرف المركزي حيث تُخزن تفاصيل حسابات الزبائن.

وتستخدم الحواسيب المتخصصة أيضاً في التحكم بالعمليات الصناعية وأنظمة النقل، أو في محاكاة أوضاع الحياة الواقعية (كقيادة الطائرات مثلاً) لأغراض البحث والتدريب.

## المحاكاة

يُدرَّب الطيارون ليصبحوا خبراء في قيادة الطائرات الحديثة المعقدة، حتى قبل أن يركبوا طائرة حقيقية. وذلك بفضل مركبة المحاكاة المنحتم بها حاسوباً. فالحاسوب يجعل مركبة المحاكاة تستجيب لمختلف التأثيرات كما الطائرة الحقيقية، من تحريك وميل في مختلف الاتجاهات. وتعرض لوحات التحكم قراءات وأرقاماً واقعية لقياسات كالارتفاع والسرعة ومقدار الوقود المتبقي في كل خزان.



### نوافذ «حقيقية»

تستخدم مخططات الرسوم الحاسوبية لخلق مناظر واقعية، في «نوافذ» جهاز محاكاة الطيران، تتغير تماماً كما تتغير المشاهد الحقيقية في طائرة سالوة. وهذا أمر بالغ الأهمية لإعطاء الطيار المُتدرب واقعية جوية بما يشعر به قائد طائرة حقيقية.

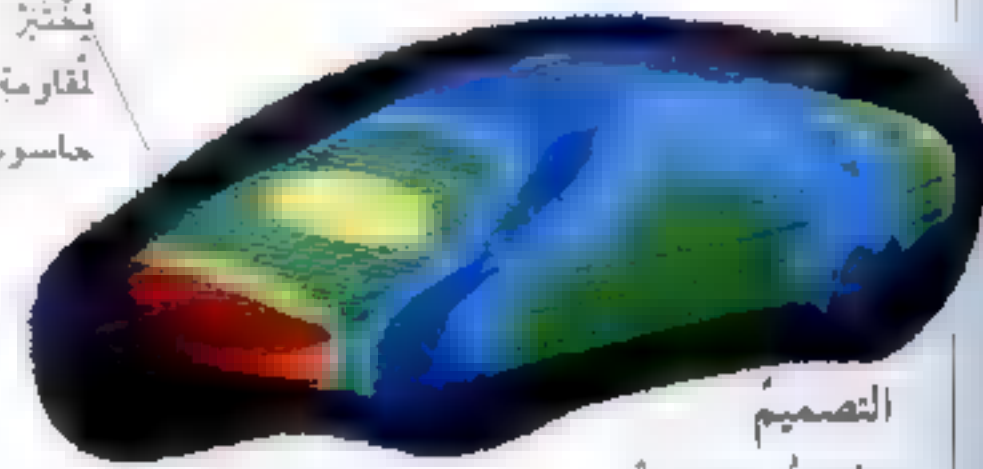
الطيارون المُتدربون يُجسِّون بكافة القوى والمشاعر كما لو أنهم في طائرة حقيقية لأن أجهزة التحكم في مقصورة القيادة تُشغل مكابس ضخمة تُعيد بالمركبة كأي طائرة.

### ذكاء الحواسيب

هل الحواسيب ذكية؟ بعض حواسيب الشطرنج تستطيع الثقل على معظم الناس لأن ذاكرتها الإلكترونية الشاسعة تسمح لها بحساب جميع التحركات المحتملة مسبقاً. والعلماء غير متفقين إن كان هذا ذكاء أم لا. والمشكلة الرئيسية هي عدم توافيقهم على ماهية الذكاء. والنقطة الجوهرية هي أن الحواسيب لا تفهم ما تقوم به!



يُختبَر تصميم السيارة هذا لقاومة الهواء باستخدام حاسوب «كراي» الفائق.



## التصميم

### النماد حاسوبياً

طريقة تصميم الأشياء باستخدام مخططات الرسم الحاسوبية؛ فتغذى المعلومات كاملة إلى الحاسوب الذي يعرض مخطط الشيء المطلوب على الشاشة. ثم يغذى الحاسوب بطرُوف تشغيل مختلفة لاختيار التصميم فتنخذ تلك أجزاء التصميم الركيكة، وتُجرى التحسينات عليها.

## الواقع المُتوهم

وسيلة للانتقال إلى عالم موهوم يُخلِّقه لك الحاسوب كواقع. فيخلق الحاسوب صوراً ثلاثية الأبعاد أمام عينيك وأصواتاً مُجسِّمة في شبه نخوة تتصل بوحدة بدوية. وكل حركة من حركات الوحدة البدوية تُنقل مُترجمة إلى مجموعة المنظار وسماعة الرأس بحيث حين يُحرك الشخص ذراعه يبدو كأنه يلعب مباراة تنس على الشاشة. حتى إنه يسمع خبطة الكرة بالمضرب.



يتسمع اللاعب عبر خُودته الأصوات ويُشاهد ما قد يفعل فيما لو كان فعلاً يلعب التنس.



## الآن تورينغ

أسهم عالم الرياضيات البريطاني آلان تورينغ (١٩١٢-١٩٥٤) بشكل رئيسي في وضع النظريات المستخدمة في الحوسبة الحديثة. وقد ساعد في تطوير البائط الإلكترونية والأفكار التي استُخدمت في فك رموز الرسائل السرية الألمانية خلال الحرب العالمية الثانية (١٩٣٩-١٩٤٥). وكان أول من أشار إلى إمكانيات «الذكاء» في الحواسيب.

### لزيد من المعلومات انظر

العلماء - كيف وماذا يعملون؟ ص ١٤
الحواسيب ص ١٧٣
الروبوتات ص ١٧٦
الأصوات الإلكترونية ص ١٨٩



# الرُّبُوطَات

مُعْظَمُ الرُّبُوطَات التي نَشاہِدُها في الأفلام تُشَبِّهُ البَشَرَ إلى حَدٍّ - فهي تَمْشِي وتَتَكَلَّمُ وتُعَالِجُ ما قد يَعرِضُها من مَشاكِلَ . الحَقِيقَةُ أَنَّ مُعْظَمَ الرُّبُوطَات لا تُشَبِّهُنا، وأَكْثَرُها يَتَواجَدُ في المَصانِعِ . ورُبُوطُ المَصانِعِ في الغالبِ أحاديُّ الذراعِ عَديمُ الرِّجْلينِ، ويتولَّى مُهِمَّةً واحدةً فقط . تتَحَكَّمُ الحَواسِبُ في رُبُوطَاتِ الصَّنَاعَةِ عِبرَ التَعلِيماتِ المُخترَنة في ذاكِرتِها الإِلِكترُونِيَّةِ . ولَعَلَّ السَّيْلَ الأفضَلَ لِتَسجيلِ الحَرَكَاتِ والتَعلِيماتِ المَطلوبَةِ لِلشُّغلةِ إِيكَالُ عامِلٍ بَشَرِيٍّ مَاهِرٍ بِأداءِ المُهِمَّةِ أوْلاً . فَيُخترَنُ ما يَقُومُ بهِ العامِلُ من حَرَكَاتٍ كإِشاراتٍ إِلِكترُونِيَّةٍ يَعملُ الحاسوبُ على جَعْلِ الرُّبُوطِ يُحاكِها بِدِقَّةٍ . والرُّبُوطَاتُ المُخْتَلَفَةُ تَؤدِّي مَهاًمَ مُخْتَلَفَةً كَنَقْلِ البَضائِعِ واللَّحامِ وأَسْتِشافِ الكواكِبِ .



## الرُّبُوطُ في الحِكاياتِ

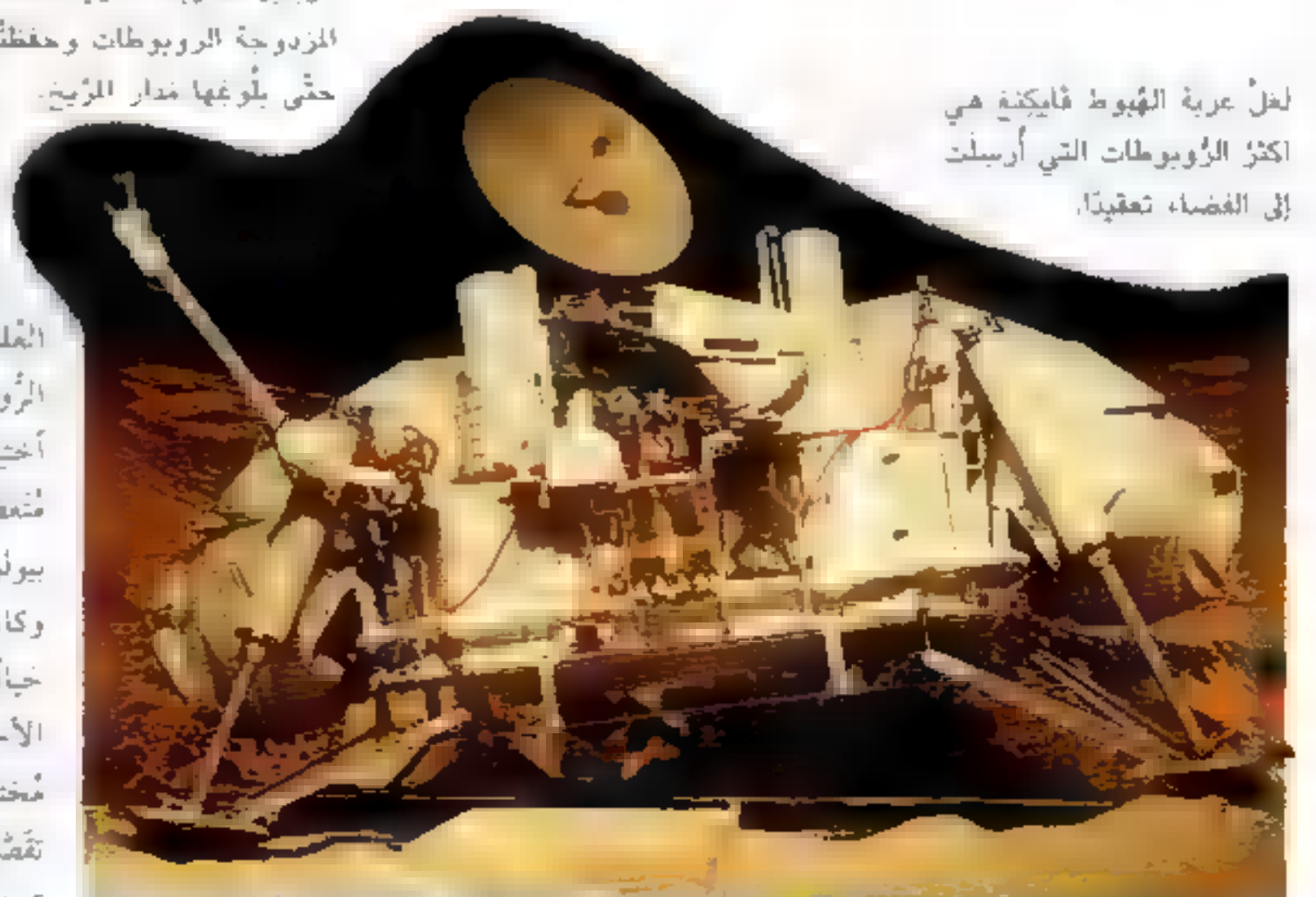
في فيلم «خرب النجوم» الرُّبُوطَاتُ تُشَبِّهُ البَشَرَ نوعاً . فأَحَدُها (سي ٣٧ بي أو) يَستطِيعُ التَواصُلَ بِثَلَاثَةِ مِلايينِ طَريقَةٍ مُخْتَلَفَةٍ، والرُّبُوطُ «آر ٢ دي ٢» يُجيدُ تَصليحَ السُّفنِ الفَضاءِيَّةِ . والرُّبُوطَاتُ الحَقِيقَةُ لَيسَ طَبعاً على هَذا القَدَرِ من تَعَدُّدِ المَهاراتِ ؛ لَكِنَ مِنها، حَاليّاً، ما يُمكنهُ القِيامُ بِالتَرجِماتِ البَسيطَةِ، وأُخَرُ يَستطِيعُ إِجْراءَ بَعضِ التَصلِيباتِ المُعَينَةِ .



## التَغذيةُ المُرتَنَدَةُ

الأجسامُ الشَّاهِدَةُ التَحَكُّمَ قد تَستَحقُّها فَوابِضُ كَباشِ الرُّبُوطِ عِندَ أَلقائِها، فيَعملُ بِمِجَثِّ الضَّغْطِ، عِبرَ إِشارةٍ مُرتَنَدَةٍ إلى دَائرةِ التَحَكُّمِ، على تَحديدِ بِقَدَرِ الشَّدِّ اللازِمِ لِلنَقْصِ الرُّبُوطِ ووقْفِ أيِّ تَصاعُدٍ في الضَّغْطِ المُسلَّطِ عَلَیْها .

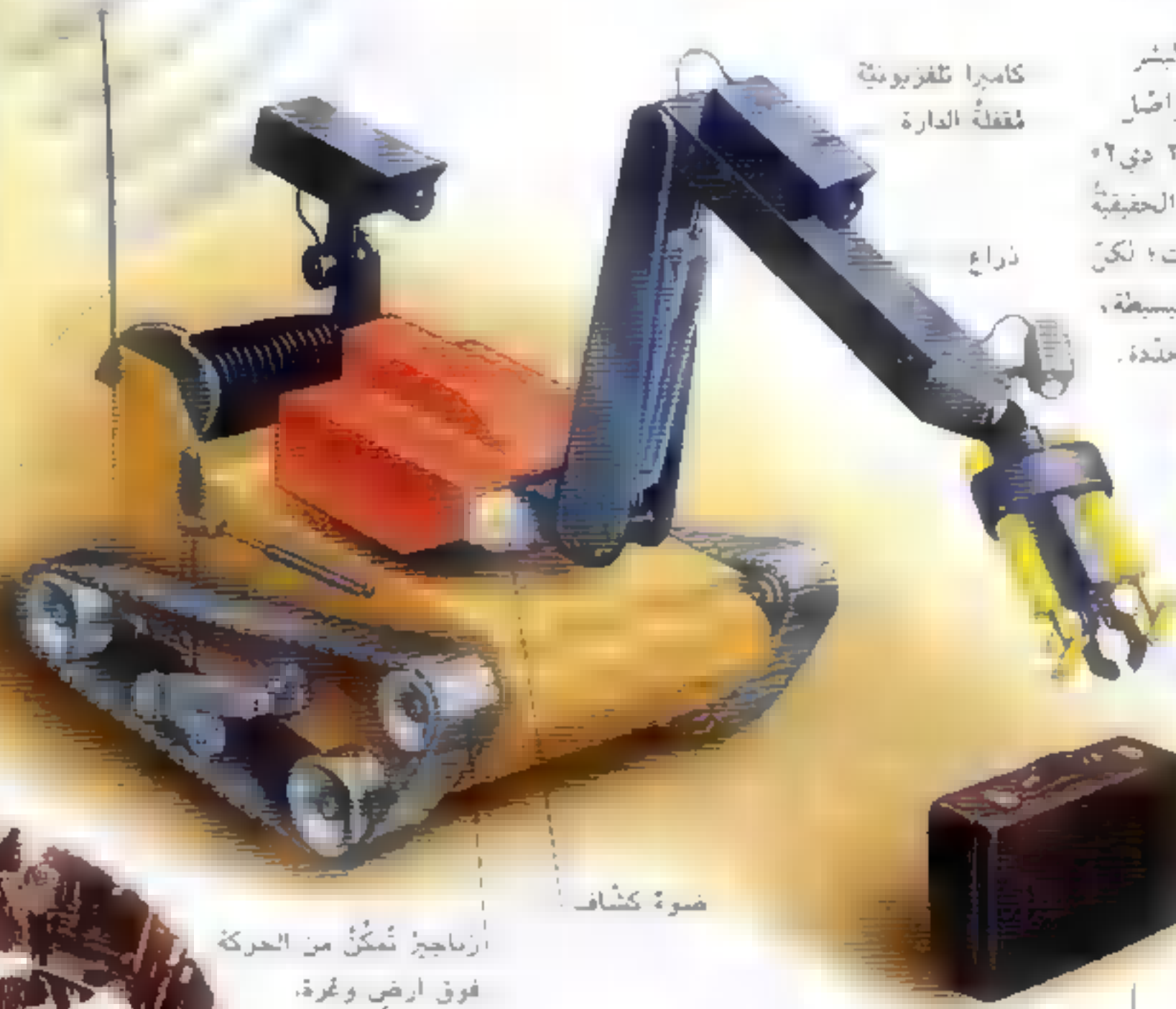
لَعَلَّ عَربَةَ الهَبوطِ فايكنغ هي أَكْثَرُ الرُّبُوطَاتِ التي أُرْسِلَتِ إلى الفَضاءِ تَعييْنًا .



## التَّخَلُّصُ مِنَ القَنابِلِ

يَستطِيعُ خِبراءُ التَّخَلُّصِ مِنَ القَنابِلِ فَحصَ الأشياءِ المُشَبَّهَةِ بِأَمَانٍ، بِفَضْلِ هَذا الرُّبُوطِ المُتَحَرِّكِ . فَكامِيراتُ التَّلَفُّزِ المُثَقَّلَةِ المَدارَةِ تُرَبِّلُ إِلَیْهم، وَهمُ على بُعْدٍ مَأمُونٍ، صُورًا شَعاةً لِلأَجسامِ المُشَبَّهَةِ بِها وَمُحتَوِياتِها . والرُّبُوطُ مُجَهَّزٌ بِأَنوَارٍ كَشافَةٍ لِلحِصُولِ على صُورٍ واضِحَةٍ لَیلاً . وَيُستَخدَمُ الكَباشُ البُعاديُّ التَحَكُّمَ، في طَرفِ الذراعِ المَمدُودِ، لِاتِّقافِ الأجسامِ المُشَبَّهَةِ بِها وإِعادِها .

هوائي الاتصال مع خبير القنابل



أرجلها تمكن من الحركة فوق أرض وعرة.

تألف مشروع فايكنغ إلى كوكب المريخ من عربتين. العربتين المداريتين حملت عربتي الهبوط المزودتين بالروبوتات وحفظتهما حتى بلوغها مدار المريخ.

## بَعدُ إلى المَريخِ

خَطَّت على سَطحِ المَريخِ عام ١٩٧٦ عَربَةُ فايكنغ المُزودَةُ

الرُّبُوطَاتِ في نَطاقِ نَقْصِي

الغَلاءِ لِتَواجُدِ الحَياةِ في المَريخِ .

الرُّبُوطانِ غَرَفَا الثَّرابِ والأَجرِيا

أَخيارَاتِ المُكشَفِ عَنِ الوُجُودِ

مُتَعضِياتٍ حَيَّةٍ بِهِ، مُستَخدَمينَ مُختَبِراً

بيولوجياً أَعدَّ خَصبِياً لِهَذا الغَرضِ ؛

وكانتِ المَنتَاجُ سَلِيبَةً . لَكِنَ رُيُما تَوجدُ

حَياةً في مَوقِعٍ آخَرَ مِن هَذا الكوكبِ

الأَحْمَرِ، وَلَعَلَّها تُكوِّنُ بِأَشْكالٍ

مُخْتَلَفَةٍ عِما نَعرِفُ - فَرُبُوطا فايكنغ

تَقْضِي فَقَطِ الحَياةَ المُضَوَّيَّةَ الكَيميائيةَ،

كما نَعرِفُها على الأَرْضِ !

## الرُّبُوطَاتُ الصَّنَاعِيَّةُ

يَقُومُ الرُّبُوطُ هَنا بِلِحامِ الأجزاءِ المَعدَنِ في مَصنَعِ بِلَسَّاراتٍ ؛ في حينَ يَقُومُ غَيرُهُ بِرَشدِ هِياكِلِ السَّيارَاتِ بِالدَّهانِ . فالرُّبُوطَاتُ لا تَصْنَعُ فَرَعاً بِأداءِ الوَظيفَةِ نَفسِها يَومياً، كما البَشَرُ . وَهي تَستطِيعُ مُواصَلَةَ العَمَلِ دونَ كَلَلٍ أو تَوَقُّفٍ بِفتراتٍ أَطولَ .

## لِزَيدٍ مِنَ المَعلُومَاتِ انظُرْ

الكربون ص ٤٠

الحواسيب ص ١٧٣

المريخ ص ٢٨٩

السواير الفضائية ص ٣٠١



# الصَّوْتُ والضَّوُّ

الصَّوْتُ والضَّوُّ مُتَمَاثِلَانِ فِي بَعْضِ خَوَاصِّهِمَا وَمُخْتَلِفَانِ فِي خَوَاصِّ أُخْرَى. فالأصواتُ التي نَسْمَعُهَا والمُشَاهِدَةُ التي نَرَاهَا تُصِلُنَا كطَاقَةٍ صَوْتِيَّةٍ أَوْ ضَوِيَّةٍ عَلَى شَكْلِ تَمَوُّجَاتٍ تَخْتَلِفُ نَوْعًا وَتَرَدُّدًا. طَاقَةُ الضَّوِّ مِنَ الشَّمْسِ تُدْفِئُ الْأَرْضَ وَتُسَمِّرُ بِيَاضَ الْجِلْدِ وَتَنْمِي الزَّرْعَ. وَطَاقَةُ الصَّوْتِ تُذَبِّبُ الْأَشْيَاءَ بِرِقَّةِ النِّغَمِ أَوْ تَهْزُهَا بِعُغْبٍ قَدْ يُخَطِّمُ رُجَاجَ الْمَبَانِي فِي دَوِيٍّ أَخْتَرَاكِ نَفَاثَةَ جِدَارِ الصَّوْتِ! لَكِنَّ الصَّوْتَ لَا يَنْتَقِلُ إِلَّا فِي الْمَادَّةِ، غَازِيَّةٍ أَوْ سَائِلَةٍ أَوْ جَامِدَةٍ، فِي حِينٍ يَنْتَقِلُ الضَّوُّ فِي الْمَوَادِّ الشَّفَافَةِ كَمَا فِي الْفَرَاغِ - فَتَحْنُ نَرَى النُّجُومَ السَّحِيقَةَ الْبَعْدَ بِالنُّورِ الصَّادِرِ مِنْهَا قَبْلَ آلَافِ السِّنِينَ.

## الصُّورُ الصَّوْتِيَّةُ

تَجْنَعُ الْكَامِيرَاتُ الضَّوِّ لِيَكُونَ صُورًا عَلَى الْفِلْمِ أَوْ عَلَى شَاشَةِ التَّلْفِيزِيُونِ، وَالصَّوْتُ قَادِرٌ عَلَى تَكْوِينِ الصُّورِ أَيْضًا. فَمَا مِثْلًا صُورَةً لِحَنِينٍ، فِي رَحِمِ أُمِّهِ، بِالْأَصْدَاءِ الصَّوْتِيَّةِ. هَذِهِ الْأَصْدَاءُ الصَّوْتِيَّةُ تُحْدِثُهَا الْأَمْوَاجُ فَوْقَ الشَّمْعَةِ الْعَالِيَةِ التَّرَدُّدِ جَدًّا أَوْ عَكْسًا حَسْبَ الْأَمِّ. فَتُسَجِّلُ الْأَصْدَاءُ حَاسُوبِيًّا نَعْمَتِي صُورَةً لِنُظْمِلَ مِلَّ أَنْ يُولَدَ



تُكْوِنُ الصُّورَةُ اصْطِنَاعِيًّا.

## النَّاقُوسُ الصَّامِتُ

كَانَ الْفِيلَسُوفُ الْإِغْرِيْقِيُّ الشَّهِيرُ، أَرِسْطُو، يَعْتَقِدُ أَنَّ كُلَّ الْمَصْطُوتِ وَالضَّوِّ يَنْتَقِلَانِ عِوَضَ الْهَوَاءِ كَمَا الْأَمْوَاجُ فِي الْبَحْرِ، وَأَنَّهُمَا بِالتَّالِيِ لَا يَسْتَطِيعَانِ الْإِنْتِقَالَ عِوَضَ الْفَرَاغِ. وَلَمْ يَكُنْ أَحْتِبَارُ نَظَرِيَّةِ أَرِسْطُو مُمَكِّنًا قَبْلَ الْقَرْنِ الثَّامِنِ عَشَرَ حِينَ تَمَكَّنَ الْعُلَمَاءُ مِنْ إِحْدَاثِ فَرَاغٍ كَامِلٍ. وَالتَّجَرِبَةُ الْأَشْهَرُ فِي هَذَا الْمَجَالِ أَجْرَاهَا الْعَالِمُ الْإِيرْلَنْدِيُّ، رُوبَرْتُ بُول، عَامَ ١٦٥٨. فَقَدْ صَخَّ الْهَوَاءَ بِنَظْمٍ مِنَ النَّاقُوسِ رُجَاجِيٍّ يَحْوِي سَاعَةً نَكَّازَةً، وَلاحِظَ اخْتِفَاءَ صَوْتِ نَكَّازِ السَّاعَةِ تَدْرِيجِيًّا، ثُمَّ تَمَامًا عِنْدَمَا أُنْفِخَ النَّاقُوسُ مِنَ الْهَوَاءِ. فَاسْتَنْجَحَ بُولُ أَنَّ الصَّوْتَ يَنْتَقِلُ بِالْهَوَاءِ إِلَى آذَانِنَا، وَأَنَّ مَا تَوَقَّعَهُ أَرِسْطُو صَحِيحٌ بِالنِّسْبَةِ لِلْمَصْطُوتِ.



رُوبَرْتُ بُول

صَوْتُ نَكَّازِ السَّاعَةِ خَفَّ تَدْرِيجِيًّا حَتَّى انْقَطَعَ انْتِشَاءً صَخَّ الْهَوَاءَ خَارِجَ النَّاقُوسِ.

تَتَأَلَّفُ خُصْلَةُ الْأَلْيَابِ

الْبَصَرِيَّةِ هَذِهِ مِنْ ٢٠٠٠ لَيْفَةٍ.

## الْإِتِّصَالَاتُ

الصَّوْتُ والضَّوُّ كِلَاهُمَا وَسِيلَةٌ تَوَاسُلٍ؛ بِأَصْوَاتِنَا تَحَادُثُ، وَبِالضَّوِّ يَرَى وَاحِدُنَا الْآخَرَ. وَالْأَنْظُمَةُ التَّلْفِيزِيَّةُ تَحَوِّلُ الْأَصْوَاتَ إِلَى إِشَارَاتٍ كَهْرِبَايَّةٍ تَسْقُلُ سِلْكًا أَوْ لَا سِلْكًا عِوَضَ الشَّوَابِلِ إِلَى جَمِيعِ أُنْحَاءِ الْعَالَمِ. وَتُسْتَعْدَمُ شَبَكَاتُ الْإِنْتِصَالِ الْحَدِيثَةُ الْأَلْيَابُ الْبَصَرِيَّةُ لِقَبْلِ الْمَعْلُومَاتِ؛ فَتَحْمِلُ التَّبْضَاطَاتُ الضَّوْيِيَّةُ الْمَكَالِمَاتِ التَّلْفِيزِيَّةَ وَالصُّورَ التَّلْفِيزِيَّةَ وَالْبَيِّنَاتِ الْحَاسُوبِيَّةَ فِي كُبُولٍ مِنَ الْأَلْيَابِ الرَّجَاجِيَّةِ الدَّقِيقَةِ.

## الرَّغْدُ وَالْبَرْقُ

ضَرْبَةُ الصَّاعِقَةِ تُطْلِقُ كَمِّيَّاتٍ

ضَخْمَةً مِنَ الطَّاقَةِ الضَّوْيِيَّةِ وَالصَّوْتِيَّةِ

بَحِثْ يُمْكِنُ سَمَاعُ هَزِيمِهَا وَرُؤْيُهَا وَمِيزُهَا مِنْ مَسَافَاتٍ بَعِيدَةٍ جَدًّا. وَنَحْنُ نَرَى الْبَرْقَ قَبْلَ سَمَاعِ الرَّغْدِ لِأَنَّ الضَّوِّ أَسْرَعُ مِنَ الصَّوْتِ بِحَوَالِي مِلْيُونِ مَرَّةٍ - فَتُشَاهَدُ الْبَرْقُ بَعْدَ بَضْعِ أَجْزَاءٍ مِنَ الْمِلْيُونِ مِنَ الثَّانِيَةِ عَلَى خُدُونِهِ، لَكِنَّ قَدْ لَا نَسْمَعُ الرَّغْدَ إِلَّا بَعْدَ بَضْعِ ثَوَائٍ - عَلِمْنَا أَنَّهُمَا مُتَزَايِمَا الْخُدُوتِ.



## الْفَضَاءُ الصَّامِتُ

لَيْسَ فِي الْفَضَاءِ هَوَاءٌ،

وَبِالتَّالِيِ فَلَا تُسْمَعُ أَصْوَاتٌ

فِيهِ. لَئِنْ يَنْتَقِلُ رُؤَاؤُ الْفَضَاءِ

بَعْضُهُمْ بِبَعْضٍ بِوَسْطَةِ الرَّادِيُو،

لِأَنَّ الْأَمْوَاجَ الرَّادِيَوِيَّةَ، بِخِلَافِ أَمْوَاجِ

الصَّوْتِ، نَسْتَطِيعُ الْإِنْتِقَالَ فِي الْفَرَاغِ. وَالرُّؤَاؤُ يَرَوْنَ بَعْضُهُمْ بَعْضًا

فِي الْفَضَاءِ لِأَنَّ الضَّوِّ، كَالْأَمْوَاجِ الرَّادِيَوِيَّةِ، يَنْتَقِلُ عِوَضَ الْفَرَاغِ.



# الصَّوت

نحن نعيش في عالمٍ يعبج بالأصوات؛ بعضها يحدث طبيعياً - كقصف الرعد، وزمجرة أمواج البحر المتكسرة على الشواطئ، وهزير الرياح؛ وبعضها الآخر يُنتج لهدفٍ مُعَيَّن - كزققة العصفير لاجتذاب الولف، وصرير الخفافيش لتحديد موقع الفريسة، وكلام الناس للتواصل فيما بينهم. بعض الأصوات لا يبدو كونه ضجيجاً مُزعجاً يُلوث البيئة: كضجيج حركة المرور، وهدير الطائرات، وجلبة مكينات المصانع. الأصوات على اختلافها سببها الاهتزاز أو الدُّبْدبة - أي الحركة السريعة لجسيمات المادة يرتطم بعضها ببعض ناقلية الطاقة كنفض أو موجة متحركة. يُمكنك تحسُّن الدُّبْدبات الصوتية بوضع أطراف أصابعك على خَلْفِكَ أثناء التكلُّم، أو لمس جرس الدراجة برفقٍ وهو يرن.

اتجاه الموجة

شد طرَف النابض نحو الداخل والخارج لإرسال موجة طولية على امتدادها.

تضاغط

تخلخل

حرك طرَف النابض إلى أعلى وإلى أسفل لإرسال موجة مُستعرضة عليه.

## أمواج الطاقة

عندما ترمي حجراً في الماء، تنتشر الأمواج من مركز مغاصه مُتحركة عبر السطح مع ذبذبة جزيئات الماء صعوداً وهبوطاً مُتعامدة مع اتجاه مسار الموجة. ويُعرف هذا النوع من الأمواج بالأمواج المُستعرضة. لكن عندما تنتقل موجة صوتية عبر الهواء، فإن جزيئات الهواء تتذبذب جيئةً وذهاباً باتجاه مسار الصوت؛ وهذا النوع من الأمواج يُعرف بالأمواج الطولية. ويُمكنك إرسال كلا نوعي الأمواج هذين على نابضٍ لولبي.

اتجاه الموجة

عمامة

## الأمواج المُستعرضة

موج الماء مثل جيد على الأمواج المُستعرضة. تصوّر العمامة فوق الماء جزيئاً مئة. فعند مرور موجة مائية حاملة للطاقة، تتذبذب جزيئات الماء صعوداً وهبوطاً معها، كما العمامة الجزيئات ذاتها لا تتقل مع الموجة - بل تتحرك فقط صعوداً وهبوطاً في الموقع نفسه.

حركة الموجة ترفع العمامة إلى أعلى.

تهبط العمامة بقد مرور موجة الطاقة.

ترسم الدُّبْدبات (الاهتزازات) الناتجة عن الزلزال، أو الانفجار، على سجلٍ بقياس الزلزال (المرجاف أو السيزمومتر).

## الدُّبْدبات

يتذبذب قرصُ النافوس عند قزحه - فيهتز بسرعة إقبالا وإقبالا دافعا لجزيئات الهواء حواله جيئةً وذهاباً، جاعلاً ضغط الهواء يعلو وينهبط. وتنتقل تغيُّرات الضُّغط هذه بتصادمات جزيئات الهواء ناقلية التموجات الصوتية بعيداً عن الجرس كنضاضات حيث يتزايد ضغط الهواء وتخلخلات حيث ينخفض.

## الأصوات المائية

في الماء ينتقل الصوت بسرعة أكبر، ويفقد طاقته بسرعة أقل منها في الهواء؛ لذا تنتقل الأصوات تحت الماء مسافات أطول قبل أن تُخيو. تُستخدم الحيتان، كما الدلافين، الأصوات للاتصال فيما بينها ولتحديد اتجاهاتها تحت الماء. وبعض الحيتان «يقني الحانا» تصل إلى مئات الكيلومترات عبر المحيطات.

## الأمواج الزلزالية

تولّد الزلازل والانفجارات أمواجاً زلزالية - هي في الواقع أمواج صوتية تنتقل عبر الأرض؛ وتسجل اهتزازات هذه الأمواج بمرسمة الزلازل (السيزموجراف). ومن دراسة هذه الأمواج، يستطيع أخصائيو الزلازل معرفة مركز الزلزلة وشدتها، كما يُمكنهم بواسطتها جمع المعلومات عن باطن الأرض.

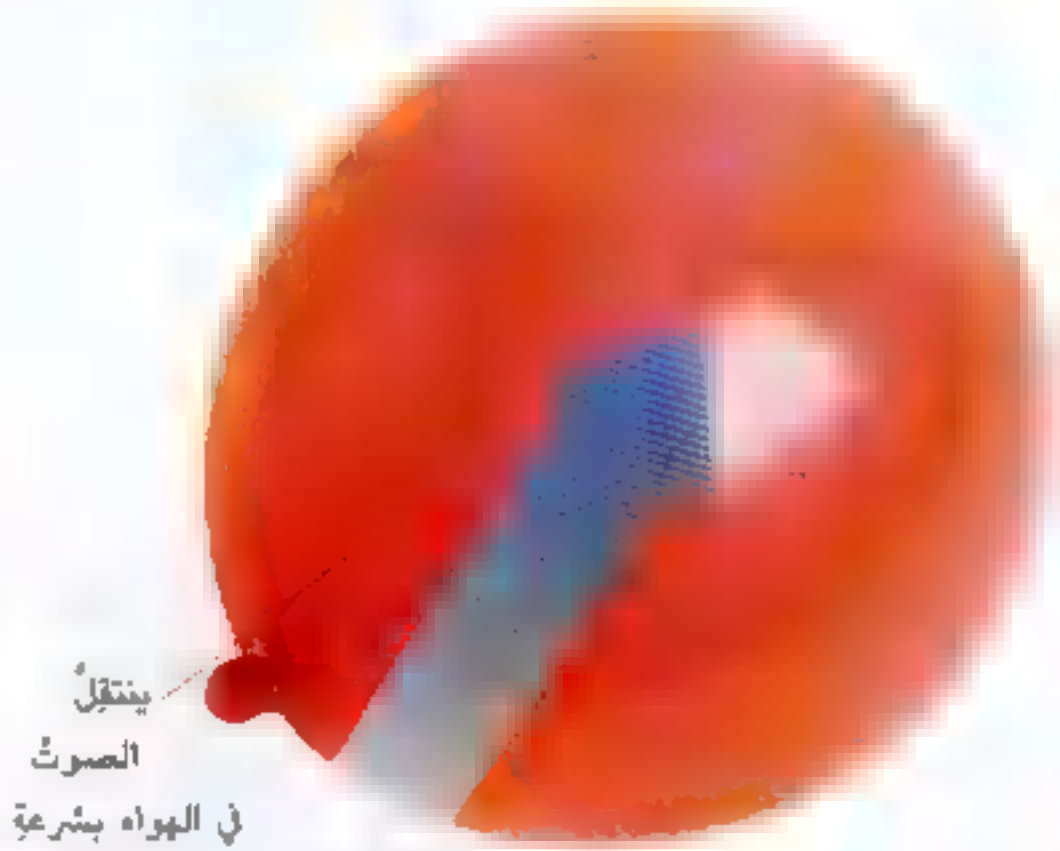




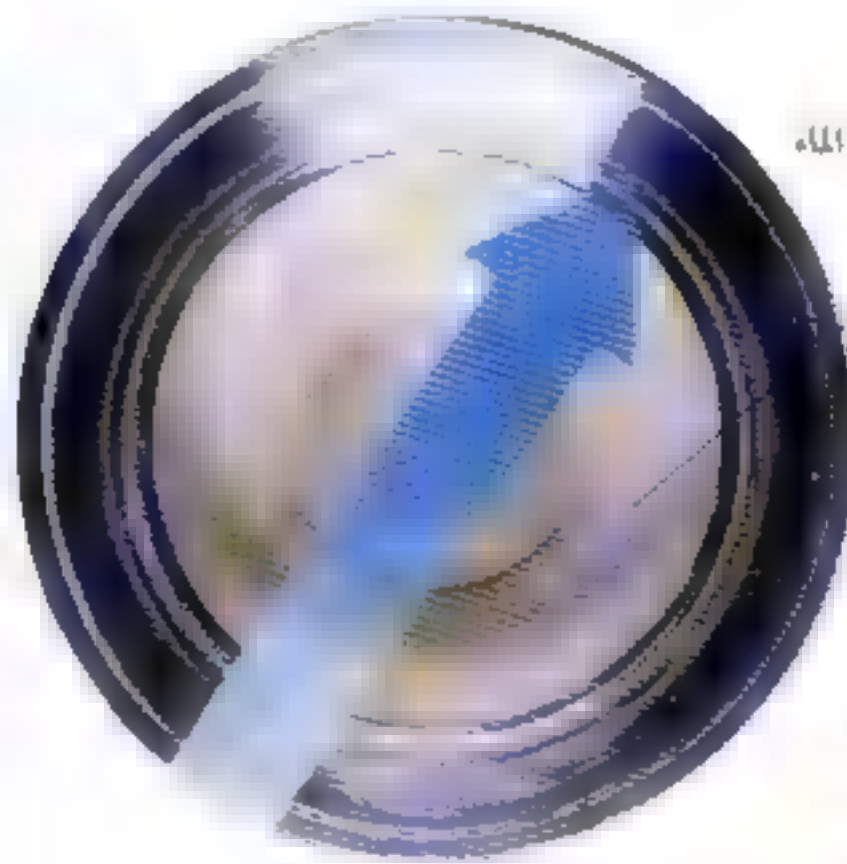
## سُرْعَةُ الصَّوْتُ

كان وليم درهم (١٦٥٧-١٧٣٥) أحد أول الذين حدّدوا سرعة الصوت بدقة. ففي عام ١٧٠٨، وقف في مكانٍ مُشرفٍ في إقليم إسكس بإنكلترا يراقب إطلاق مدفعٍ يبعد عنه ١٩ كيلومترًا. ثم قاس الفترة الزمنية الفاصلة بين وميض الطلقة ودويها. ولكي يلغي تأثير تغيرات اتجاه الرياح اعتمد مُعدّل عدّة تجارب. فكانت نتيجته قريبة من القيمة المُعتمدة حاليًا لسرعة الصوت وهي ٣٤٣ م/ث على درجة ٢٠° س.

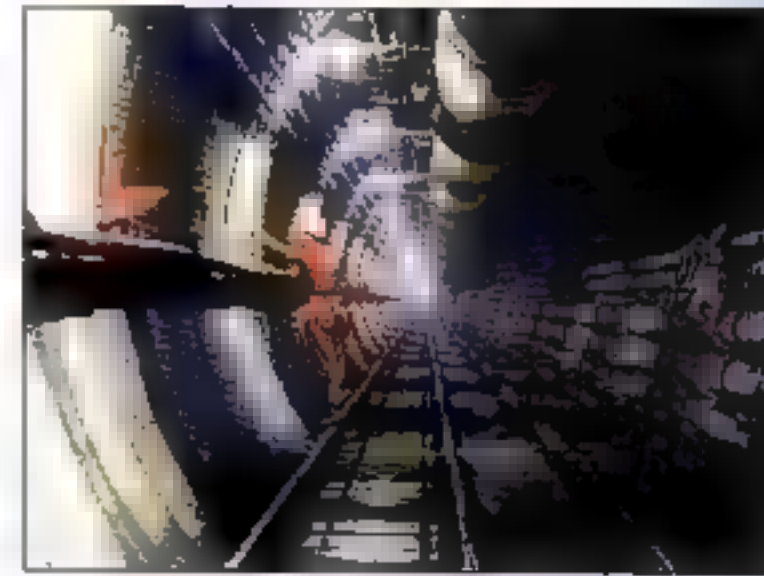
تتغيّر سرعة الصوت في الهواء بتغيّر درجة الحرارة؛ فهي ٣٣١ م/ث في درجة الصفر سلسيوس (ستيفراد) و ٣٥٤ م/ث على درجة ٤٠° س.



ينتقل الصوت في الهواء بسرعة ٣٤٣ م/ث على درجة ٢٠° س.



ينتقل الصوت في الماء بسرعة ١٥٠٠ م/ث.



## الاتصالات بالذّق

المُسالّ الذين شقّوا النّق تحت القنال الإنكليزيّ لربط المملكة المُتحدة بأوروبا كانوا يتواصلون بالذّق على الأنابيب المعدنية - فالصوت يقطع مسافات أبعد، ويتغلّب بسرعة أكبر، في المعادن منها في الهواء.



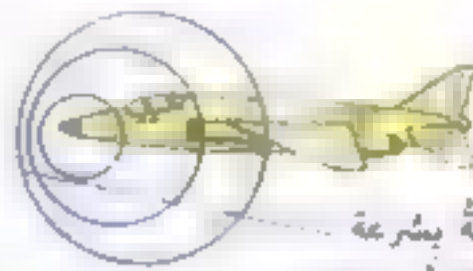
ينتقل الصوت في الفولاذ بسرعة ٦٠٠٠ م/ث.

## سُرْعَات الصَّوْتُ المُختلفة

ينتقل الصوت في الجوامد والسوائل بسرعة أكبر منها في الغازات. فالجوامد والسوائل أجسامًا من الغازات لأنّ جزيئاتها أكثر تلاحًا فيما بينها. وهي ترتدّ يستعيد شكلها بسرعة بعد الانضغاط، فتُسرّ النبضات الصوتية بسرعة أكبر. ينتقل الصوت في الماء بسرعة تعادل خمسة أضعاف سرعته في الهواء تقريبًا، وفي الفولاذ بسرعة تعادل حوالي ٢٠ ضعفًا.

## الأمواج الصّدمية

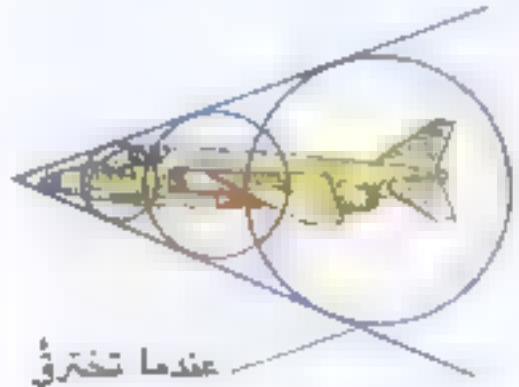
تسير القنّات فوق الصوتية بسرعة تفوق سرعة الصوت، لذا لا يُمكنك سماعها وهي قادمة نحوك - لأنها تتجاوزك قبل وصول صوتها إليك. لكنّ صوتها اللاحق يصل فجأة كموجة صدمية تحدث ما يُسمّى دويّ أخيرا في جدار الصوت.



عندما تطير النفاثة بسرعة دون الصوتية، تتخلّص أمواجها الصوتية أمامها، فيمكنك سماعها وهي قادمة نحوك.



عندما تبلغ سرعة الطائرة سرعة الصوت، تتراكم أمواجها الصوتية المتدفقة أمامها مُكوّنة موجة صدمية كبيرة.



عندما تخترق الطائرة جدار الصوت تُخلّف وراءها موجة صدمية تحدث دويًا هائلًا.



## قرّعة السّوط

قد تكون قرّعة السّوط ناتجة عن تحرك طرفٍ بسرعة تفوق سرعة الصوت - مُولّدًا بذلك موجة صدمية.

## إرنست ماخ

وصف الفيزيائي النمساويّ، إرنست ماخ (١٨٣٨-١٩١٦) تكون الأمواج الصدمية أكثر من خمسين عامًا قبل تحقيق الطيران بسرعة فوق صوتية. وكرامًا له تُستخدم الأرقام الماخية اليوم لتقدير سرعة الطائرات على أساس سرعة الصوت. فالطائرة السانرة بسرعة الصوت سرعتها ماخ واحد (١ ماخ)؛ وسرعة ٢ ماخ تعادل ضعف سرعة الصوت. طائرات الرّكاب جميعها، عدا الكونكورد، تطير بسرعة دون الصوتية (أي أقل من ماخ واحد)؛ أمّا الكونكورد فهي فوق صوتية إذ تطير بسرعة ٢ ماخ.



## لمزيد من المعلومات انظر

- حالات المائة ص ١٨
- خصائص المادة ص ٢٢
- التّرابط الكيماوي ص ٢٨
- الاهتزازات ص ١٢٦
- الهزّات الأرضية (الزلازل) ص ٢٢٠



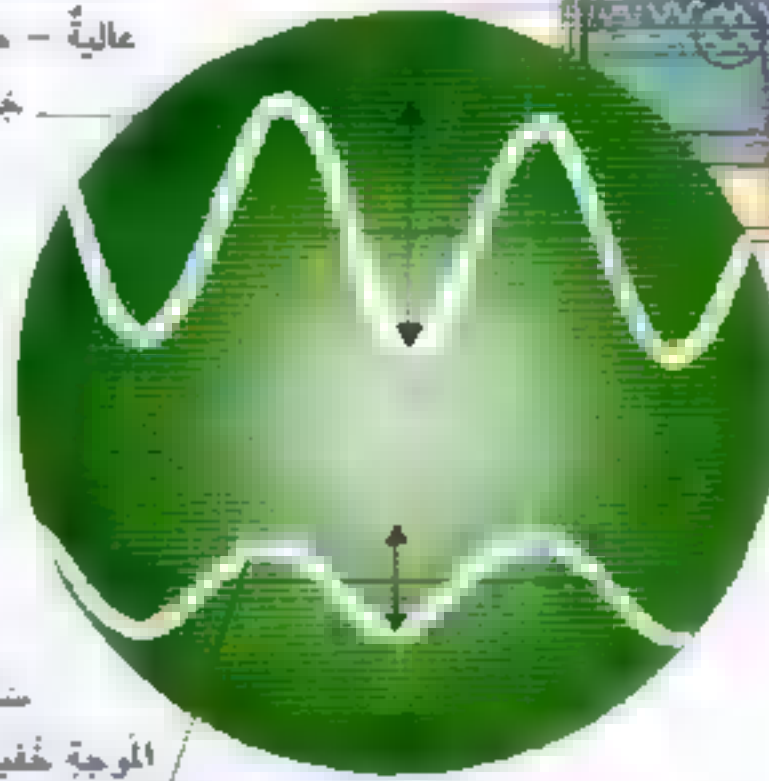
# قياسُ الصَّوت

الأصوات قد تكونُ جَهِيرَةً أو هَادِئَةً، عاليةَ دَرَجَةِ النِّعَم كالصفَّارة، أو خَفِيفَتَهَا كَمُحَرِّكِ السَّيَّارَةِ. بعضُ الأصوات مُنْتَمِعٌ، وبعضُها الآخرُ مُزِجٌّ أو حَتَّى مُؤْلِمٌ. فما الذي يجعلُ صوتًا ما يَخْتَلِفُ عن آخَرٍ؟ واضحٌ أنَّ السُّرْعَةَ لا عَلاقَةَ لَهَا بِذَلِكَ، فَكُلُّ الأصواتِ تَنْتَقِلُ بِالسُّرْعَةِ ذاتِها، وإلَّا لَكَانَتِ أصواتُ آلاتِ الجَوقةِ الموسيقيَّةِ تَصِلُ إلى آذانِنا صوتًا بعدَ الآخرِ مُخَبَّصَةً مُشَوَّشَةً. الجوابُ هو أنَّ الأصواتِ المُخْتَلِفَةَ متباينةً شَكْلُ الأمواجِ. فَسَعَةُ الموجةِ الصوتيَّةِ هي التي تجعلُ الصوتَ هَادِئًا أو جَهِيرًا؛ كما إنَّ تَرَدُّدَ الموجةِ الصوتيَّةِ هو الذي يتحكَّمُ في عُلُوِّ دَرَجَةِ النِّعَمِ (أي طبقةِ الصوت) أو أنخفاضِها. أما الطولُ الموجيُّ - وهو المسافةُ بينَ تَضَاعُطَيْنِ مُوجِبَيْنِ (ذُرُوتَيْنِ) - فعلاقتهُ مُباشرةٌ بالإرتباطِ بِالتَرَدُّدِ بِنسبةٍ عَكْسِيَّةٍ.

الميكروفون، الموصولُ بكاشِفِ الذَّبْذِبَةِ، يُحوِّلُ صوتَ النَّايِ إلى إشاراتٍ كهربائيَّةٍ.



سَعَةُ الموجةِ  
عاليةٌ - صوتٌ  
جَهِيرٌ



سَعَةُ  
الموجةِ خَفِيفَةٌ -  
صوتٌ هَادِئٌ

## سَعَةُ الموجةِ

يَعْرِضُ كاشِفُ الذَّبْذِبَةِ نَمَطَ الموجةِ الصوتيَّةِ على شاشَتِهِ مُبَيِّنًا ارتفاعَ ضَغْطِ الهواءِ وهبوطَهُ أثناءَ مُرُورِ الموجةِ الصوتيَّةِ عِبرَ الميكروفونِ. فإذا أَرْتَفَعَتِ جَهَارَةُ الصوتِ ازدادتِ تَغْيِراتُ الضَّغْطِ وازدادتِ سَعَةُ الموجةِ.

## هِنْرِيش هِرْتِز

الفيزيائيُّ الألمانيُّ، هِنْرِيش هِرْتِز (١٨٥٧-١٨٩٤) كانَ أوَّلَ مَنْ أُنْتِجَ أمواجًا راديويَّةً وكشَفَ عن وُجُودِها. وقد سُمِّيَتْ وَخِدةُ التَّرَدُّدِ الهِرْتِز، المُسْتَخْدَمَةُ لَجَمِيعِ أنواعِ الأمواجِ والذَّبْذِبَاتِ - بما فيها الأمواجِ الصوتيَّةِ والرَّاديويَّةِ والضَّوئيةِ، بِاسْمِهِ. والهِرْتِزُ يُساوي ذِبْذِبَةً واحدةً في الثانيةِ.



صفَّارةُ السَّيَّارَةِ القادمةُ  
نَحْوُكَ تَبْدُوكَ أمواجًا  
قصيرةَ عاليةِ التَّرَدُّدِ.

بعدَ أنْ تَتَجَاوَزَكَ السَّيَّارَةُ  
مُذْبِرَةً، تُصْبِحُ الأمواجُ  
الصوتيةُ أطولَ والنِّعَمُ أخْفَضَ.



## ظَاهِرَةُ دُوبِلَر

طَبَقَةُ أو دَرَجَةُ نِعمِ الصوتِ التي تَسْمَعُها من صفَّارةِ سَيارَةِ الشرطيَّةِ العابِرةِ بِسُرْعَةٍ تَعْتَمِدُ على ما إذا كانتِ السَّيَّارَةُ قادمةً نَحْوُكَ أو مُذْبِرَةً بَعِيدًا عَنْكَ. فَالسَّيَّارَةُ المُقْتَرِبَةُ تُضَاعِطُ الأمواجُ الصوتيَّةُ أَمَانِها وتُضَاعَفُ فَتَقِلُّ أطوالُها ويزدادُ تَرَدُّدُها، فَتَقِلُّ طبقةُ الصَّغِيرِ. أمَّا خَلْفَ السَّيَّارَةِ المُذْبِرَةِ فَتَمْتَدُّ الأمواجُ الصوتيَّةُ؛ والأمواجُ الأطولُ ذاتُ تَرَدُّدٍ أخْفَضَ؛ فَتَسْمَعُ الصَّغِيرِ المُذْبِرِ أخْفَضَ طَبَقَةً.

## التَّرَدُّدُ

تَرَدُّدُ الموجةِ هو عَدَدُ ذَبْذِبَاتِها في الثانيةِ، ويُقاسُ بِعَدَدِ الذَّرَى المَرُوجِيَّةِ العابِرةِ في تلكِ الفِترَةِ. فالَموجةُ ذاتُ التَّرَدُّدِ الخَفِيفِ طَوِيلَةُ الطولِ المَرُوجِيَّةِ؛ وذاتُ التَّرَدُّدِ العَالِيِ قَصِيرَةُ الطولِ المَرُوجِيَّةِ. فالأمواجُ العَالِيَةُ التَّرَدُّدِ القَصِيرَةُ الطولِ المَرُوجِيَّةِ تُعْطِي صوتًا عَالِيَّ الطَبَقَةِ، فيما الصوتُ من الأمواجِ الخَفِيفَةِ التَّرَدُّدِ والطَوِيلَةِ الطولِ المَرُوجِيَّةِ خَفِيفُ دَرَجَةِ النِّعَمِ.

الأمواجُ الخَفِيفَةُ  
التَّرَدُّدُ تُعْطِي صوتًا  
خَفِيفَ الطَبَقَةِ.



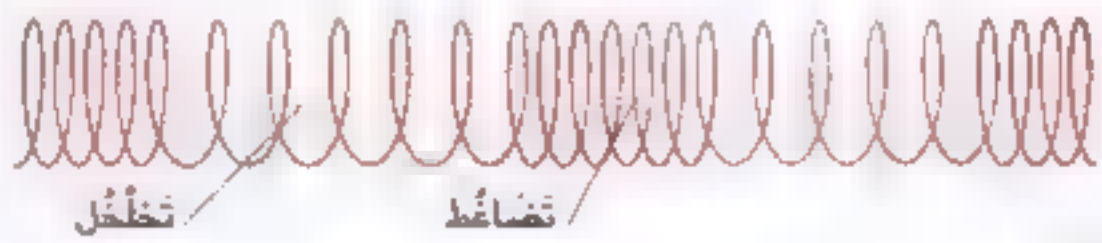
الأمواجُ العَالِيَةُ  
التَّرَدُّدُ تُعْطِي صوتًا  
عَالِيَّ الطَبَقَةِ.



تَظْهَرُ ذَرَى  
أمواجِ الصوتِ العَالِيَةِ التَّرَدُّدِ على الشَّاشَةِ  
مُتَلَاوَةً أَكْثَرَ مِنْ ذَرَى الأمواجِ الخَفِيفَةِ  
التَّرَدُّدِ، لأنَّ ما يَصِلُ مِنْها إلى الميكروفونِ في  
وَحْدَةِ الزَّمَنِ أَكْثَرُ.

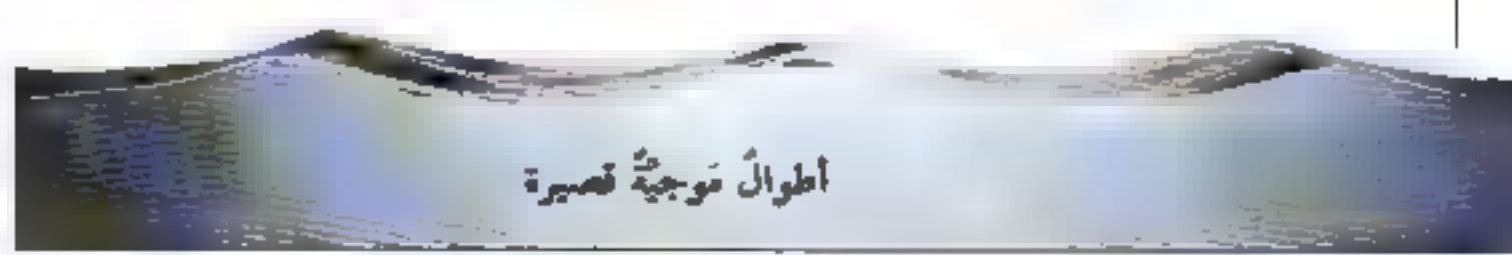
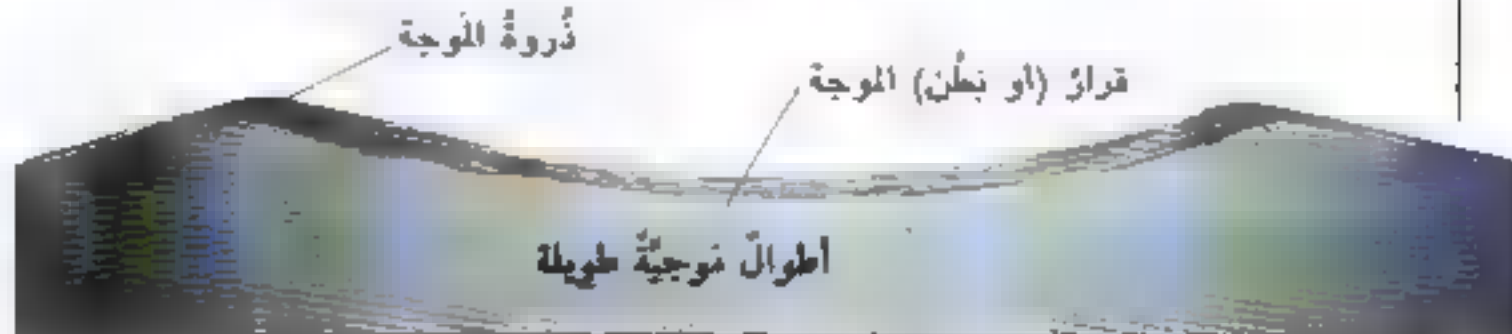
## الأمواجُ الصوتيَّةُ

الأمواجُ الصوتيَّةُ تَنْتَقِلُ في الهواءِ بِعَدَلٍ كَأَنْتَقَالَ مَرِجَةٌ على طَوْلِ نابضٍ لَوَلْبِي. فَيُعَايِلُ التَضَاعُطُ (حَيْثُ تَنْخَضُّ جُزْئِيَّاتُ الهواءِ) ذُرُوءَ موجةٍ ماثِيَةٍ؛ بينما يُعَايِلُ التَخَلُّخُ (حَيْثُ تَتَفَاعَلُ جُزْئِيَّاتُ الهواءِ) قَرَارَ موجةٍ ماثِيَةٍ.



## الطولُ الموجيُّ

الأمواجُ القصيرةُ أو الطويلةُ تُشْهِلُ مَشاوَدَتَها في الماءِ. فالطولُ الموجيُّ لِموجةٍ ماثِيَةٍ هو المسافةُ بينَ ذُرُوتَيْنِ مُتَجَاوِرَتَيْنِ كما الطولُ الموجيُّ لِموجةٍ صوتيَّةٍ هو المسافةُ بينَ تَضَاعُطَيْنِ مُتَجَاوِرَتَيْنِ. الأمواجُ مُتَلَاوَةٌ مُتَعارِبةٌ في الصوتِ ذي الطولِ الموجيِّ القَصِيرِ، ومتباعدةٌ بعضُها عن بعضٍ في الطولِ الموجيِّ الأطولِ.



## لِزِيدٍ مِنَ المَعلُومَاتِ انْظُرْ

- الصَّوتُ ص ١٧٨
- إِجْدَاتُ الصوتِ وَسَمَاعُهُ ص ١٨٢
- جَهَارَةُ الصوتِ ص ١٨١
- الأصواتُ الموسيقيَّةُ ص ١٨٦
- حَقَائِقُ وَمَعلُومَاتُ ص ٤١٢



# جَهَارَةُ الصَّوت

تَعْتَمِدُ جَهَارَةُ الصَّوتِ عَلَى الشَّدَّةِ (كَمِّيَّةِ الطَّاقَةِ) الَّتِي تَحْمِلُهَا الْأَمْوَاجُ الصَّوْتِيَّةُ. فَالذَّبذَبَاتُ الْكَبِيرَةُ وَفَيْرَةُ كَمِّيَّةِ الطَّاقَةِ، وَتُنتِجُ أَمْوَاجًا صَوْتِيَّةً شَدِيدَةً كَبِيرَةً الشَّعَّةُ. الْأَصْوَاتُ الْعَالِيَةُ الْجَهَارَةُ جَدًّا، كَذَوِيَّ اخْتِرَاقٍ جِدَارِ الصَّوْتِ أَوْ رَمْجَرَةِ الْأَمْوَاجِ الصَّدْمِيَّةِ مِنَ الْانْفِجَارَاتِ، يُمَكِّنُ أَنْ تَكُونَ مُؤَلِّمَةً وَقَدْ تُسَبِّبُ ضَرَرًا بِالْغَا - فَالْأَمْوَاجُ الصَّوْتِيَّةُ تَرْتَبِطُ بِالْمُنْشَأَتِ فَتَجْعَلُهَا تَنْدَبِذُ. وَتُسْتَخْدَمُ مِقْيَاسُ خَاصُّ، يُدْعَى سَلِّمَ دِيْسِيْل (بِاسْمِ الْكَسْنَدِرِ غِرَاهَامِ بِل) لِمِقْيَاسِ جَهَارَةِ الصَّوْتِ.

## سَلِّمَ دِيْسِيْل

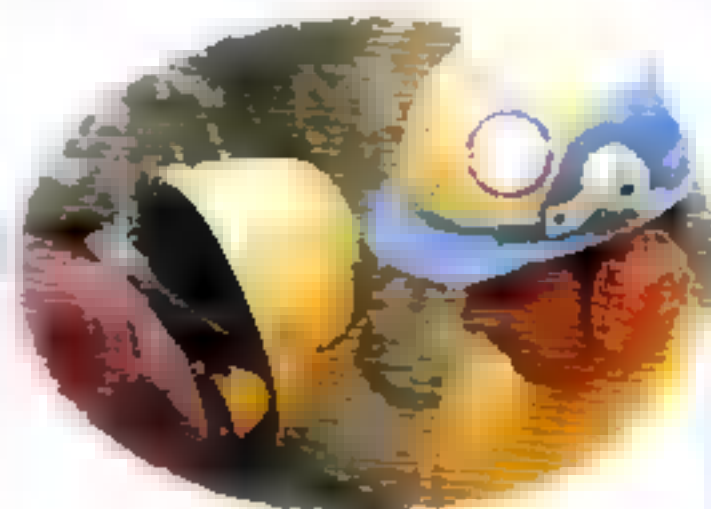
فَرَّقَ الشَّعَّةُ الْمَوْجِيَّةُ بَيْنَ أَهْدَا الْأَصْوَاتِ وَبَيْنَ الْأَصْوَاتِ الْعَالِيَةِ الْجَهَارَةِ حَتَّى مُسْتَوَى الْإِيْذَاءِ كَبِيرٌ جَدًّا بِحَيْثُ يَتَغَدَّرُ تَمَثِيلُهُ عَدْدِيًّا. وَسَلِّمَ دِيْسِيْلُ مِثْلُ عَلَى السَّلِّمِ الْمَوْعَارِيْتِي، حَيْثُ تَنْضَاعَفُ جَهَارَةُ الصَّوْتِ ١٠ أَضْعَافٍ فِي كُلِّ مَرَّةٍ يُضَافُ فِيهَا ١٠ دِيْسِيْل (دَب) إِلَى الْمُسْتَوَى الصَّوْتِي. فَإِذَا زَيْدَ الْمُسْتَوَى الصَّوْتِي ٢٠ (دَب) تَنْضَاعَفُ جَهَارَةُ الصَّوْتِ  $10 \times 10 = 100$  مَرَّةً.



## الْخَطَرُ الْكَامِنُ

الْمُجَسِّمُ الصَّوْتِي (السْتِيرِيُو) الشَّخْصِي لَيْسَ عَالِي الْقُدْرَةِ. نَكُنْ دُخُولُ كَامِلِ الصَّوْتِ نَقْرِيًّا مُبَاشَرَةً إِلَى الْأَذْنَيْنِ، قَدْ يَجْعَلُ مُسْتَوِيَاتِ الصَّوْتِ دَاخِلَ الْأَذْنِ عَالِيَةً جَدًّا. إِنَّ تَشْمِعَ الْمُنْصَاعِمَاتِ الشَّخْصِيَّةِ، بِجَهَارَةٍ زَائِدَةٍ، لِفَتْرَاتٍ طَوِيلَةٍ قَدْ يُضَعِّفُ السَّمْعَ.

تَذْثِيرٌ خَاطِرٌ يَحْتَمِلُ الصَّوْتُ



وَقَابَةُ الْأَذْنَيْنِ

## مِقْيَاسُ الصَّوْتِ

يُمْكِنُ مُرَاقَبَةُ الْمُسْتَوِيَاتِ الصَّوْتِيَّةِ دَاخِلَ الْمَصْنَعِ بِمِقْيَاسِ الْمُسْتَوَى الصَّوْتِي لِلتَّأَكُّدِ مِنْ عَدَمِ خَطَرِهَا. إِنَّ الْمُسْتَوَى الصَّوْتِي يَجِبُ أَنْ يَزِيدَ عَلَى ١١٠ (دَب) فِي أَيِّ وَقْتٍ مِنَ الْأَوْقَاتِ؛ كَمَا يَجِبُ أَنْ يَتَجَاوَزَ ٩٠ (دَب) لِيَوْمٍ عَمَلٍ كَامِلٍ.

## وَقَابَةُ الْأَذْنَيْنِ

الَّذِينَ يَعْمَلُونَ فِي أَجْوَاءٍ تَعْبُجُ بِالْأَصْوَاتِ الْعَالِيَةِ عَلَيْهِمْ أَنْ يَحْمُوا أَذْنَانَهُمْ بِاسْتِخْدَامِ وَاقِبَاتٍ كَاتِمَةٍ لِلضَّجِيجِ فَالْتَعَرُّضُ لِفَتْرَاتٍ طَوِيلَةٍ لِمُسْتَوِيَاتِ صَوْتِيَّةٍ عَالِيَةٍ مِنْ تَرْدَدَاتٍ مُعَيَّنَةٍ يُعَرِّضُ الْمَرْءَ لِلْضَّمَمِ.

صَوْتُ جَوْفَةِ  
الرُّوكِ يُعَادِلُ  
صَوْتُ سَلْقُوطِ  
١٠٠ مِلْيُونِ  
وَرَقَةٍ نَبَاتِيَّةٍ.

لَا غَرَابَةَ أَنْ

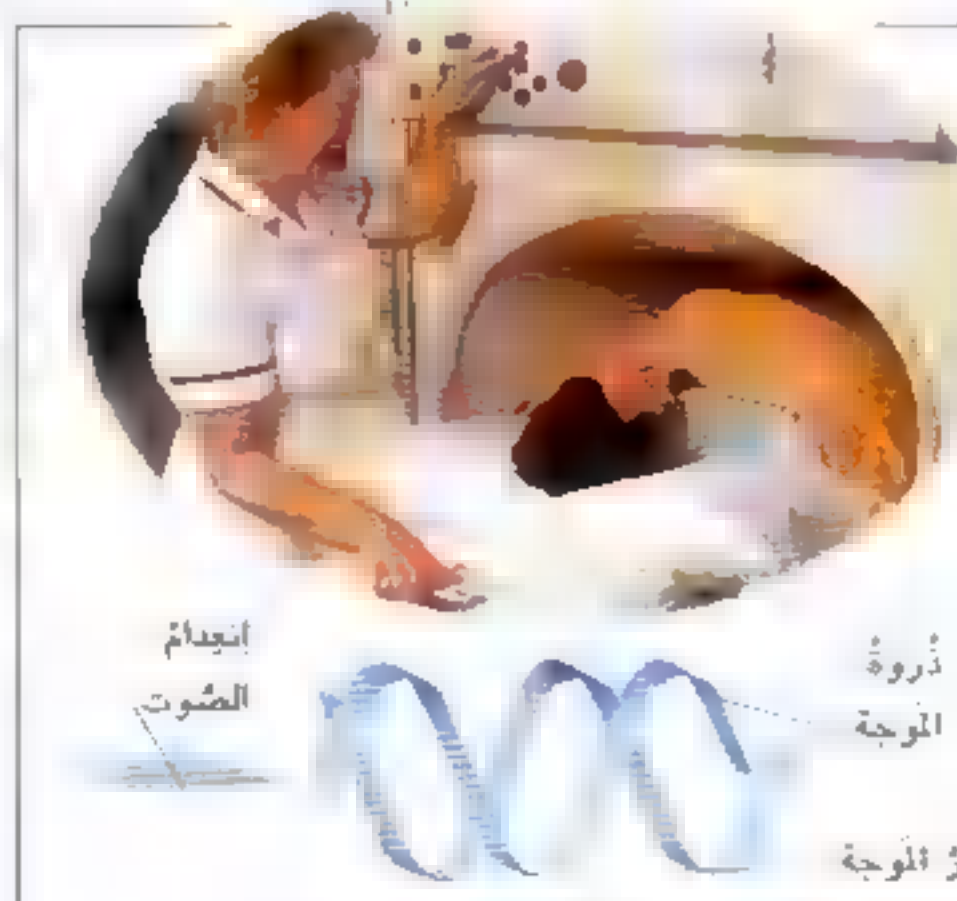
يُعَانِي مُوسِيقِيُّ الرُّوكِ مِنْ ضَعْفِ  
السَّمْعِ. فَالْأَصْوَاتُ فَوْقَ ١٢٠ (دَب)  
قَدْ تُسَبِّبُ أَلَمًا شَدِيدًا وَضَمَمًا.



فِي الْمُسْتَوِيَاتِ  
الصَّوْتِيَّةِ فَوْقَ ١٠٠ (دَب)  
يَجِبُ أَنْ يَكُونَ الْعَمَلُ مُخَدَّدًا  
بِفَتْرَاتٍ قَصِيرَةٍ فَقَطْ.

## لِمَزِيدٍ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ انْظُرْ

الْاهْتِرَازَاتُ ص ١٢٦  
الْإِتِّصَالَاتُ الْبِعَادِيَّةُ ص ١٦٢  
الصَّوْتُ ص ١٧٨  
الْأَصْوَاتُ الْمَوْسِيقِيَّةُ ص ١٨٦



إِنْجِدَامُ

الصَّوْتِ

ذُرْوَةُ

الْمَوْجَةِ

فَرَاثُ الْمَوْجَةِ



# إحداث الصَّوت وسَماعه

إذا كنت فقدت صوتك مرّة نتيجة زكام أو بُحّة شديدة، فلعلّك خيّرت صعوبة إفهام الناس مرادك بدونه؛ فالكلام هو وسيلة تواصلنا الرئيسية معهم. عندما نتكلّم نُحدث دُذبّات تنتقل في الهواء كأموّاج صوتيّة تتحوّل في الأذنين إلى أصوات مُتميّزة. ورُغم أنّ الأذن البشريّة حسّاسة للأصوات التي يتراوح تردّد دُذبّاتها بين ٢٠ و ٢٠ ألف هرتز، فإنّها أشدّ حسّاسيّة للأصوات التي يُقارب ترددها الألف هرتز - وهو مدى تردّد الصوت في المُحادثة العاديّة، مع أنّ أصواتنا قد تتضمّن دُذبّات تنخفض طبقتها إلى ٥٠ هرتز أو تعلو إلى ١٠ آلاف هرتز. وكما نستخدم نحن أصواتنا لمُحادثة الناس الآخرين، كذلك نستخدم الحيوانات أصواتها للتواصل فيما بينها، أو حتى فيما بينها وبيننا.



## إحداث الصَّوت

تُنتج أصواتنا عندما ندفع الهواء بقوة من الرئتين عبر الأوتار الصوتيّة في الحُلقوم، فتَهتز هذه بالهواء المُندفع. ونحن عندما نتكلّم أو نُغني، نُغدّل تؤثر الأوتار الصوتيّة باستمرار، كما نُغيّر شكل الفم وسرعة الهواء المُنتقل. فهذه الطريقة نُنحّكم في طبقة ونوعية وجهاة أصواتنا.



إذا أتى الصوت من الجهة اليمنى، تصل الأمواج الصوتيّة إلى الأذن اليمنى بفارق جزء من الثانية قبل وصولها إلى الأذن اليسرى. وبذلك يُمكننا تمييز الجهة التي أتى منها الصوت.



## الرّنين

مُعظّم الأجسام قابل للذبذبة، والتردّد الطبيعي الذي يذبذب به الجسم يُسمّى تردّد الرّنان. فإذا أُحدث، بالقرب من هذا الجسم، صوت ذو تردّد مُماثل تمامًا لتردّد الرّنان يلتقط الجسم طاقة من الأمواج الصوتيّة المُبتعثة ويذبذب بالتأثير ويُعرف هذا بالرّنين. ولعلّك كثيرًا ما سمعت رنينًا كهذا والموسيقى تُعرف عاليًا في غرفتك - إذ تُسبب نغمة مُعيّنة رنين ماطورة في الباب أو النافذة أو رنين جسم على مقربة من المِجْهارة. ولو يغني مغنٍ بتردّد مُساوٍ لتردّد الطبيعي لكأسي رُجائيّة، فقد يكون رنينها من الشدّة بحيث يُخطئها.

## سَماع الصَّوت

الأمواج الصوتيّة المُتجمّعة في الأذن الخارجيّة تُسبب دُذبّة مُماثلة في طبلة الأذن. وتنتقل هذه الدُذبّات بواسطة ثلاث عُظيّمات دقيقة في الأذن المتوسطة إلى السائل اللّغني في قوقعة الأذن الداخليّة، فيستثير بدُذبّته شعيرات الأعصاب الدقيقة. وهذه الأعصاب تُرسل إشارات كهربائيّة إلى المُخ الذي يُمكننا من تمييز الصَّوت.



يُمكن تعديل مُعيّنة السَّمع لتُضخّم تردّدات صوتيّة مُعيّنة.

مُضبط المِجْهارة



ميكروفون

تُشكّل مُعيّنة السَّمع لَتَلانم شكل الأذن.

عِقاقة الأذن

## الصَّمم

فانقذو السَّمع جُزئيًا يُمكن مُساعدتهم باستخدام مُعيّنة سَمع. وهي تتألّف من ميكروفون ومُضخّم ومِجْهارة - كلّها دقيقة صُغريّة. فالأصوات التي تصل إلى الميكروفون تُضخّم وتُقدّى إلى أذنيّة السَّماعة، فتُسمع.

## ذبذبة الهواء في القوارير

يُمكنك مُشاهدة وسَماع اختلاف ذبذبة الكميّات المُتباينة من الهواء، وإصدارها أصواتًا مُختلفة، بالتّفع غير قُوّهات بضع قوارير تحوي ماءً إلى ارتفاعات مُختلفة. إن نُضخّك يجعل أعمدة الهواء في القوارير تهتز بتردّدها الرّنيني؛ وتعتمد طبقة الصوت الناتج على طول عمود الهواء المُتذبذب. لاحظ أنّه كلّما قُصّر عمود الهواء المتذبذب تسارع ذبذبه وتعلو طبقة الصوت الصادر منه.





## أصوات الحيوانات

الحيوانات المختلفة تصدر مدى واسعاً من الأصوات؛ فبعض الضفادع، رغم صغر حجمها نسبياً، تستطيع أبعداً تقي خفيض الطبقة جداً بتفخ كبير هوائي تحت الحلقوم حتى يقارب حجمه حجمها. وتطلق القردة الصراخ زعيماً بعدد من أكثر الأصوات جهازة في عالم الحيوان - إذ إنها تجعل فجوات خاصة بين العظام خلف المنخرين تبرز زعيماً بالزئير في غصبات هوائية قوية. أما الحشرات فتدغم الصوت إذ لا رثا لها تنفخ لأحداث صوت؛ لكن بعض الجنادب تصدر ضريراً حاداً يهلك أجنحتها.

يمكن سماع زعقات القردة الصراخ على مسافة ١٦ كيلومتراً.



يتراوح تردد صرير الجنادب بين ١٠٠٠ و ١٠٠٠٠ هرتز

يتراوح تردد نقيق الضفادع بين ٥٠ و ٨٠٠٠ هرتز

يتراوح تردد زعيق القردة الصراخ بين ٤٠٠ و ٦٠٠ هرتز

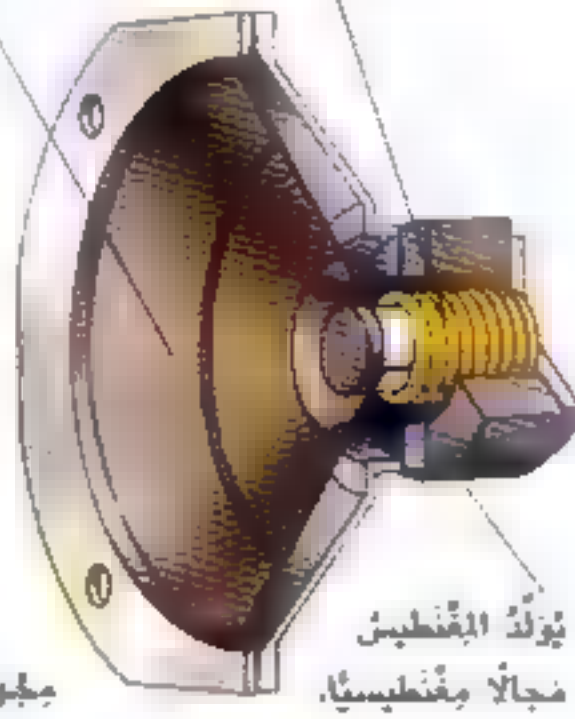
يتراوح تردد أصوات البشر بين ٨٥ و ١١٠٠ هرتز

يُصنع رفق المجهر المخروطي من الورق أو اللدائن.

## المجهر

يُجَل الصوت ويستعاد بتحويله إلى إشارات كهربائية. تقبل الاسماع إلى أسطوانة أو شريط مسجل أو إلى أسطوانة قرصية مدمجة، لا بد من إعادة تحويل الإشارات الكهربائية إلى أصوات بواسطة مجهر. في المجهر يُغذى الملف السلكي، المحاط بمجال مغناطيسي، بالإشارات الكهربائية؛ فتسبب هذه، بتغيرها، ذبذبة رفق المجهر المخروطي فيولد صوتاً.

يتحرك الملف السلكي متساوياً مع الإشارات الكهربائية.



مجهر ذو ملف متحرك

يولد المغناطيس مجالاً مغناطيسياً.

تستطيع الخفافيش إحداث وسماع ترددات فوق سمعية، فالضرب العالي الذي تصدره يرد عن الأشياء، فيساعد في تحديد مواقع طرائدها (كالحشرات الطائرة مثلاً).

تستطيع الكلاب سماع الضفادع العالي التردد من صفارات خاصة لا يسمعها الإنسان.



تسبغ الخفافيش الترددات بين ١٠٠٠ و ١٢٠٠٠ هرتز تسبغ الهررة الترددات بين ٦٠ و ٦٥٠٠٠ هرتز تسبغ الكلاب الترددات بين ١٥ و ٥٠٠٠٠ هرتز يسبغ الأولاد الترددات بين ٢٠ و ٢٠٠٠٠ هرتز

## مدى السمع في الحيوانات

معظم الحيوانات يمكنها سماع ترددات أكثر مما تصدره، ومعظمها يصدر أصواتاً تتجاوز كثيراً المدى الذي يمكن للإنسان سماعه. يتغير مدى ترددات السمع عند الإنسان مع تقدمه في السن. فالولد يستطيع سماع الترددات من ٢٠ إلى ٢٠٠٠٠ هرتز، فيما لا يستطيع شخص في سن الستين سماع ترددات تتجاوز ١٢٠٠٠ هرتز.



## الميكروفون

تحوّل الأصوات إلى إشارات كهربائية ليتمكن تسجيلها. والميكروفون ذو الملف المتحرك يستخدم نظاماً مماثلاً للمجهر ذي الملف المتحرك، لكن بترتيب معكوس. فهو يحوي ملفاً سلكياً مثبتاً إلى قرص مزين يتذبذب مع الرفق بواسطة الأمواج الصوتية. ويولد تحرك الملف داخل المجال المغناطيسي تياراً كهربائياً، يتراوح كترافج أمواج الصوت.

## التحريك بالصوت

اللعب البسيطة المتحركة بالصوت، كهذه اللعبة الدمية، تحوي ميكروفوناً يحدث فيها تحركاً عندما يتلقى أصواتاً فوق مستوى تردد معين. ويستطيع جهاز مقفل بالصوت أكثر تطوراً وتعقيداً إعطاء المعلومات عن حساب مصرفي لأحد الزبائن عندما يطلب منه ذلك هاتفياً. إن تعرف الكلمات الصادرة من أشخاص مختلفين أمر صعب جداً، لكن الحواسيب التي تستجيب لأنماط صوتية فردية هي حالياً قيد التطوير للاستعمال اليومي.



## لمزيد من المعلومات انظر

- الاهتزازات ص ١٢٦
- الكهرمغناطيسية ص ١٥٦
- مقومات إلكترونية ص ١٦٨
- قياس الصوت ص ١٨٠
- إنعكاس الصوت وامتناعه ص ١٨٤
- الحواس ص ٣٥٨



# انِعْكَاسُ الصَّوتِ وَاِمْتِصَاصُهُ

هل تساءلت مرّة لم يبدو صوتك رخيماً رناناً حين تُغني في غرفة الحمام؟ ذلك لأنّ الأمواج الصوتيّة تنعكس على سطوح الجدران المليسة الصلبة فتتردّد عنها تكراراً كارتداد الكرة المطاطيّة في ملعب السكواش الرباعيّ الجدران. إنّ اتّجاه الأمواج الصوتيّة يتغيّر عند كلّ انعكاس، لكنّ طبقة الصوت لا تتغيّر. وانعكاسات الصوت أصداً تُفيد في مجالات عديدة إضافة إلى كونها عنصر تسلية. فقبل أيام الرادار كان البحّارة، عندما يحاصرون الضباب، يطلقون نفيراً خاصاً اسمه نفير الضباب فيحدّدون بعدهم عن الصخور الخطيرة بقياس الفارق الزمنيّ بين صوت النفير وسماع انعكاسه. غير أنّ الأصوات لا تنعكس دائماً، فهي إنّ وقعت على سطح رخو طريّ، تمتصّ فلا تتردّد.



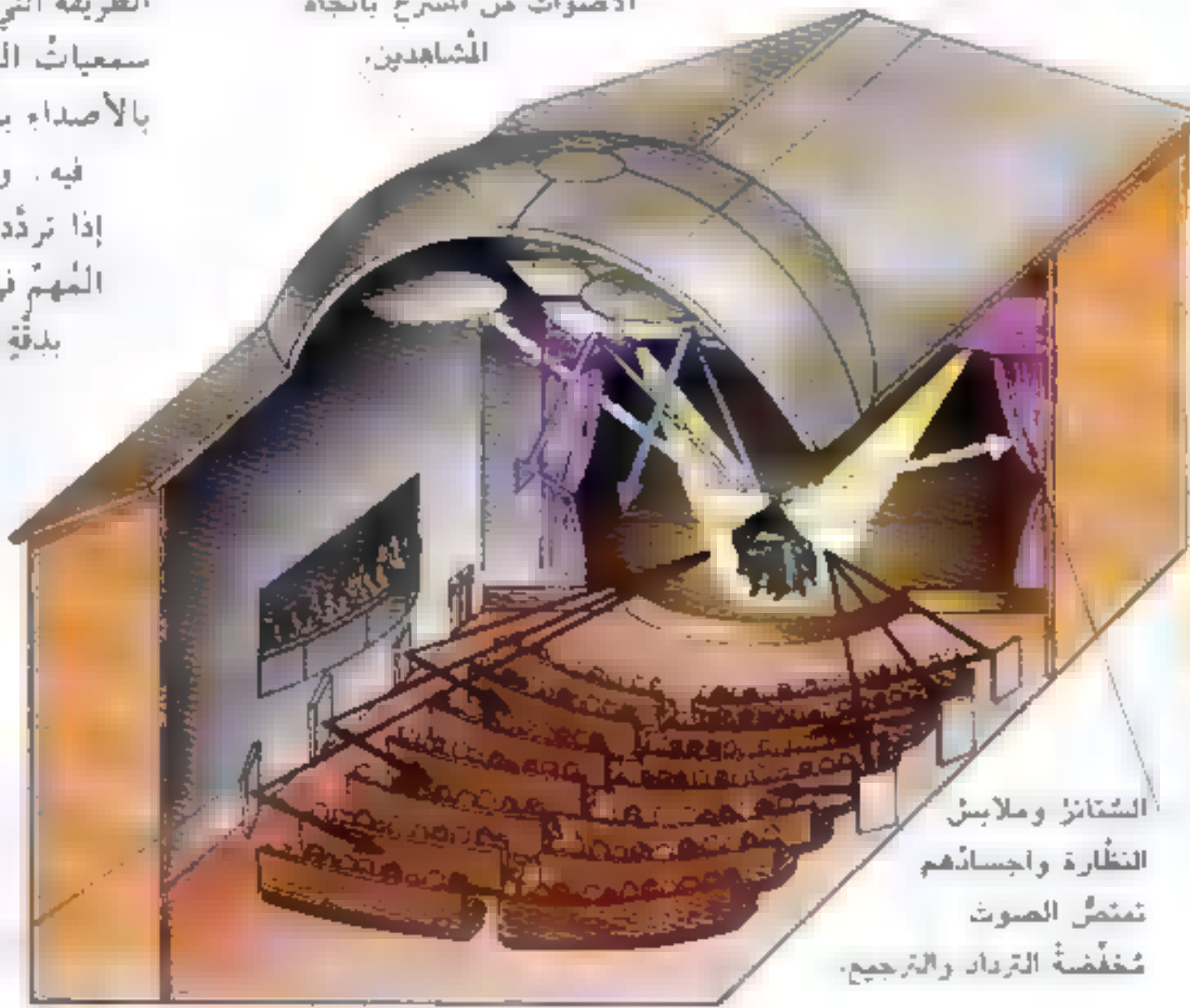
الأصدا

إذا وقعت على بعد متّين من حدار وصحت أو ضفقت فسيرتدّ إليك انعكاس الصوت صدى بعد فترة وجيزة يعتمد طولها على مدى بعدك عن الجدار. فإذا كانت المسافة ٥٠ متراً، فالصوت سيقطع مسافة ١٠٠ متر ليعود صداً إليك. فإذا قسّمت ١٠٠ متر على الفاصل الزمنيّ بين إحداث الصوت وسماع صداً، تحصل على سرعة انتقال الصوت.

## السّمعيّات

الطريقة التي تُرجع فيها الأصداً في مبنى تُسمّى سمعيّات المبنى. فالمبنى الكبير قد يبدو عاجاً بالأصداً بخاصة إذا كثرت السطوح العاريّة فيه. وتحدث ترجيعات الصدى في مبنى إذا تردّدت الأصداً عدّة ثوانٍ فيه. ومن المهمّ في قاعة موسيقيّة التحكّم في الأصداً بدقة. فنقصها تبدو الانغام الموسيقيّة هزيلة باهتة، وبفرطها تتلخبط الأصوات وتشتت. لذا تُركّز ماطورات خاصّة لتوجيه انعكاسات الصوت نحو جمهور المستمعين، كما تُركّب أخرى، إضافة إلى الشائر، لامتصاص الشرجيعات الرائدة.

ماطورات مُختبسة المواقع تعكس الأصوات من المسرح باتجاه المشاهدين



ماطورات ماضّة للصوت

الشائر وملابس النظارة واجسادهم تمتصّ الصوت تخفّض الترداد والترجيع

ماطورات عاكسة

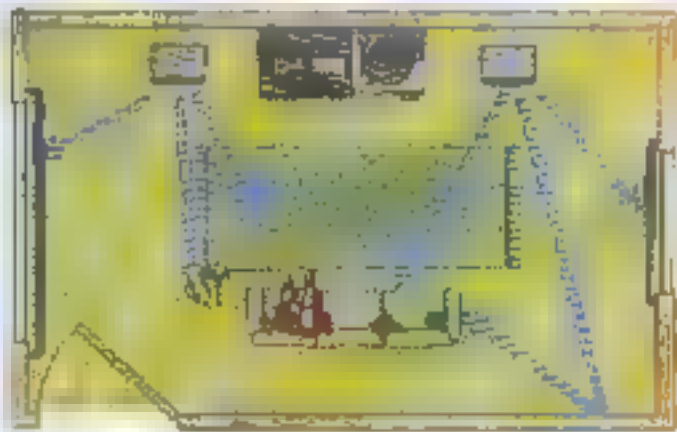


## غرفة لا صدويّة

الماطورات الماضّة للصوت في سقف وجدران القمق الهوائيّ اللاصدويّ تخفّض تردّد الصوت وترجيّعه. وهذا يمتكّن العلماء من قياس الضجيج الذي تولّده مروحة الطائرة الدائيرة بدقّة.

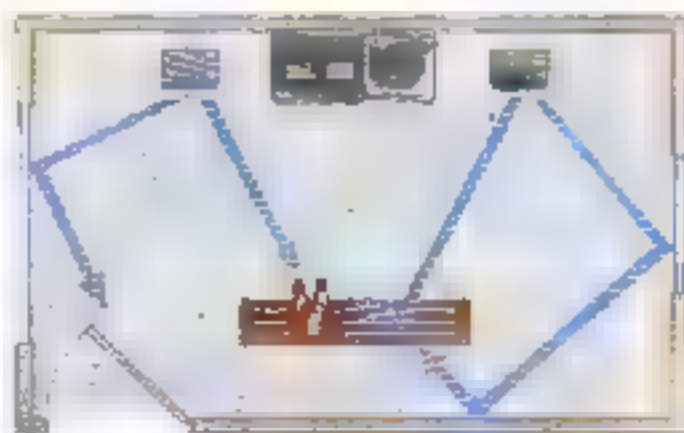
## امتصاص الصوت

السطوح الرخوة الطريّة تمتصّ طاقة الصوت كما يمتصّ الرمل طاقة كرة نطيمه. في هذه الحجرة، الشجادة والشائر والأريكة والنبّة، جميعها، تمتصّ الطاقة الصوتيّة فلا تتردّد أصداً.



## انعكاس الصوت

تعكس السطوح الصلبة المليسة طاقة الصوت كما تتردّد كرة عن جدار خرسانيّ. في هذه الحجرة يرتدّد الصوت، الذي يتبعه المتجهاون المتجسمان، عن أرضيّة الغرفة وجدرانها كما عن المقعد الخشبيّ.



## الصّحون الصوتيّة (العاكسة)

تستخدم صحن مكافئ المقطع لتجميع الصوت وتركيزه. فالشكل الخاصّ للصحن الصوتيّ يعكس الصوت الآنّي بمواجهته مباشرة ويركّزه نحو الميكروفون المثبّت في وسطه. وهكذا يستقبل الميكروفون طاقة صوتيّة أكبر، فيمكن به مثلاً تسجيل الأصوات الخفيفة مستوى الشفّة كتهديد بعض الطيور.





## الصوت والضوء

### التصوير بالصوت فوق السمعي

تسجل أصداء الصوت فوق السمعي كسلسلة من النقاط المتباعدة النصوص تبعاً لشدة الصدى المستقبل. هذه الصورة لجنين في رحم أمه شكلت حاسوباً من مجموعة تقريسات.

صورة بالأمواج فوق  
السمعية تؤلفها  
التقريسات.

خزعة صوتية فوق سمعية

الأطراف

الجذعة

الجدار البطني

الغشود  
الفكري

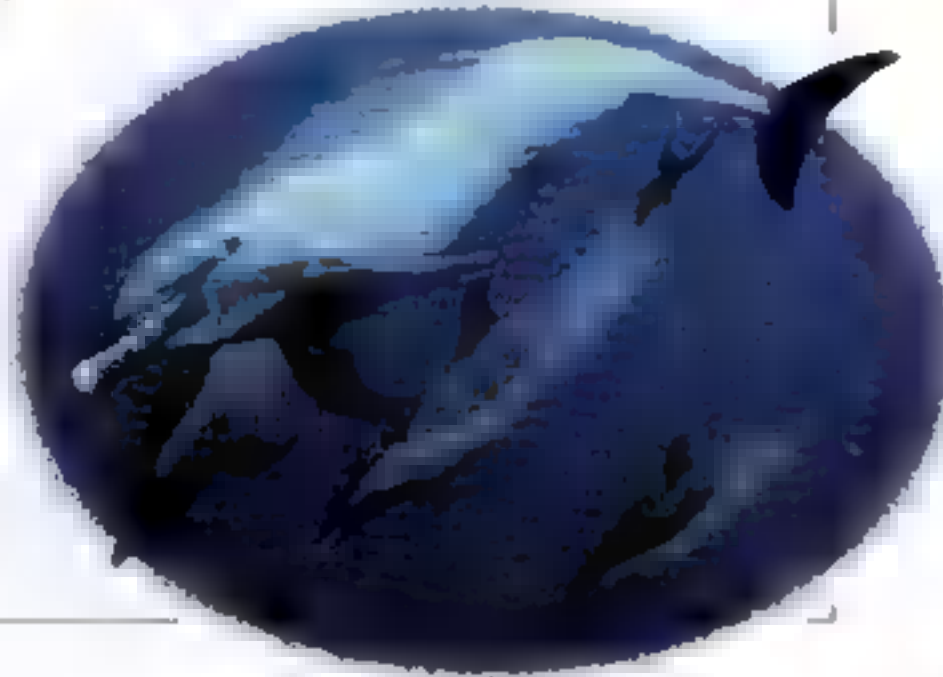
إشارات صدى



### تحديد المواقع بالصدى

تستخدم الدلافين ترددات فوق سمعية للتواصل فيما بينها ولتحديد مواقع أسراب السمك والعواقي تحت الماء. فهي تصدر طبقات صوتية عالية تردد أصدائها عن الأجسام التي تعترضها مما يمكن الدلافين من تحديد حجم وتبعد تلك الأجسام في الماء حولها. وهذا النظام

عظيم الفائدة بخاصة في  
الكشف عن مفترسات  
ككلاب البحر (أي أسماك  
القرش) الخطرة.



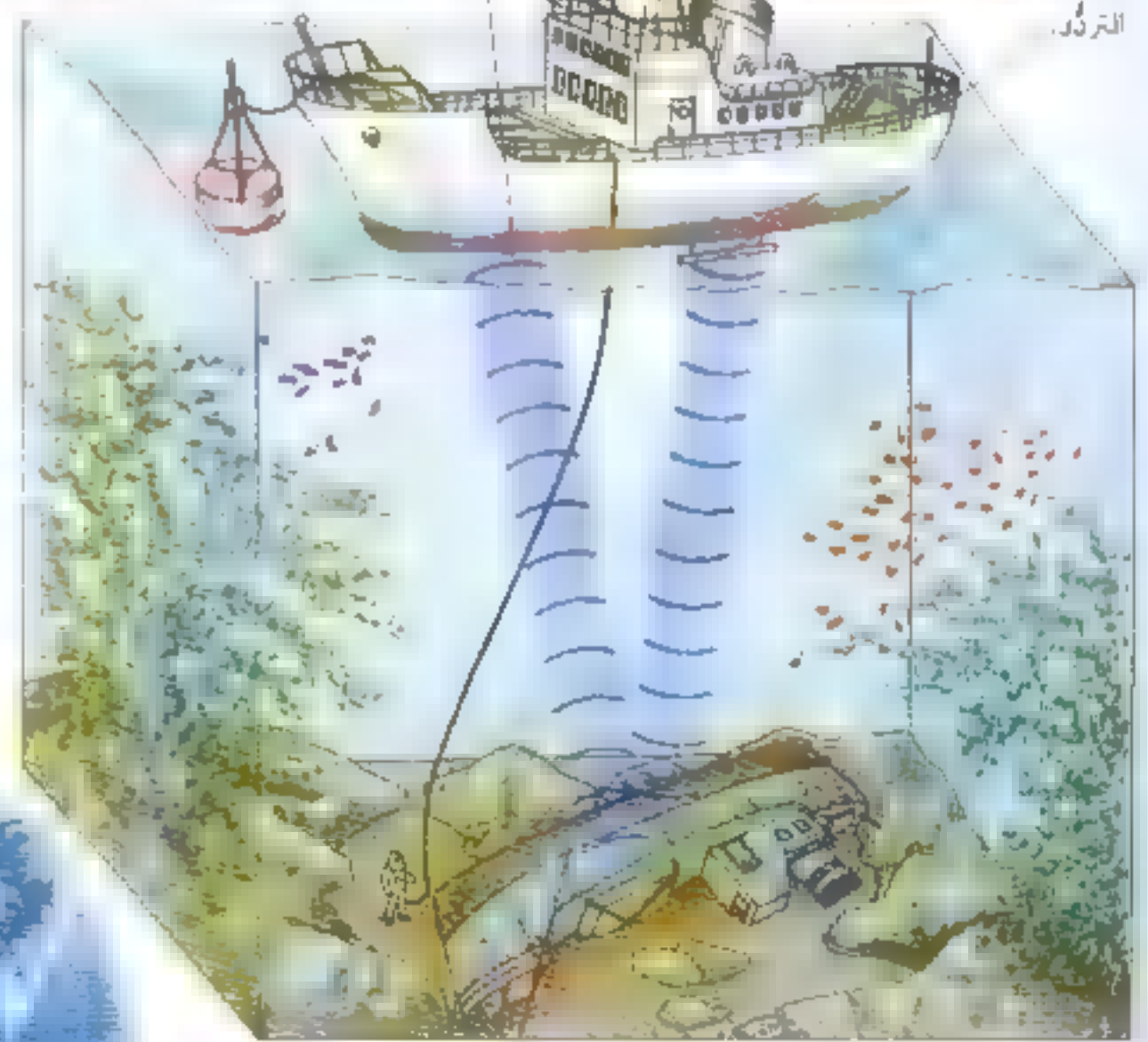
تصدر الطقات الصوتية  
من عضو خاص في  
رأس الدلفين.

### الصوت فوق السمعي

الأمواج الصوتية التي يفوق ترددها ٢٠ ألف هرتز لا تسمعها الأذن البشرية؛ والصوت الناتج عنها أو عن ترددات أكبر منها هو صوت فوق السمع. وتستخدم الأصوات فوق السمعية في القبط لأن أمواجها، بخلاف الأشعة السينية، لا تتلف الأنسجة البشرية. يرسل المفترس إلى داخل الجسم أمواجاً فوق سمعية تنعكس عن الأعضاء المختلفة، ويتلقى انعكاساتها فبعضها صورة على شاشته.

يشتت غشوق الخطام من الوقت الذي  
يستغرقه صدى الأمواج الصوتية  
المنعكسة عنه ليؤتد إلى السفينة.

يرسل الشونار، المثبت تحت  
صالب السفينة، إلى أعماق  
الماء، أمواجاً صوتية عالية  
التردد.



### اختيار لا إتلافي

المقومات المهمة في الطائرات يجب أن تكون حالية من أي خلل كامل. فالشقوق الداخلية الدفينة، في مقوم منها، قد تشع فتعطل أداؤه أثناء الطيران. لذا تختار هذه المقومات اختياراً لا إتلافياً يستخدم الصوت فوق السمع لاكتشاف أي خلل دون إلحاق الضرر بالمقوم ذاته. فالنبضات فوق السمعية المنعكسة عن مثل هذه الشقوق، إذ وجدت، تظهر في الصور فوق السمعية على الشاشة.



يعكس خطاطم السفينة  
الصوت أصداء.

### السبر بالصدى

إثر كارثة التينك عام ١٩١٢، حين اصطدمت السفينة بجبل جليدي في سمرتها البحر، قاد العالم الفرنسي، بول لانجفين، مشاريع أبحاث لتطوير الشونار. يستخدم جهاز الشونار أمواجاً فوق سمعية لتحديد مواقع جبال الجليد وأسراب السمك وخطاطم السفن أو الغواصات، ويسبر أعماق البحار أيضاً. فترسل نبضات صوتية في البئر، وترصد الأصداء المرتدة عن أي شيء تحت الماء، وقياس الفارق الزمني بين إرسال النبضة واستقبال صدها، يمكن احتساب عمق الشيء أو بعده عن السفينة.

### صورة على الشاشة

هذه الصورة لخطاطم سفينة تحت الماء تكونت بعرض (مشع) اتجاه الأصداء الواردة؛ وتدرجياً ارتسمت أنماط الأصداء صورة على شاشة الحاسوب.

### لمزيد من المعلومات انظر

- الصوت والضوء ص ١٧٧
- قياس الصوت ص ١٨٠
- إحداث الصوت وسماعه ص ١٨٢
- البيانات ص ٣٣٤



# الأصوات الموسيقية

الآلات الموسيقية جميعها تعمل بذبذبة الهواء؛ فالعازفة أو العازف يتحكم بتردد الذبذبات وسعتها ليعزف الألحان والإيقاعات. أما جرس (أي نوعية صوت) الآلة المميز فيعتمد على كيفية ذبذبة الهواء. يتفخ العازف آلة النفخ الموسيقية إما من خلال فتحة أو عبر لسان ريشي؛ فالهواء داخل الناي (وهي لا تحوي لساناً) يتذبذب ببساطة مُصدراً صوتاً رخيماً نقيّاً. أما في مِزمار القرب فالهواء المنفوخ عبر السينة أنابيب يتذبذب بنسق مُعقّد مُصدراً صوتاً غنياً أجشّ. وتُعرّف جميع الآلات الصوتية (اللاكهربائية)، وترية أو نفخية أو نقرية بالإنباض أو بجَرّ القوس والتفخ والنقر.

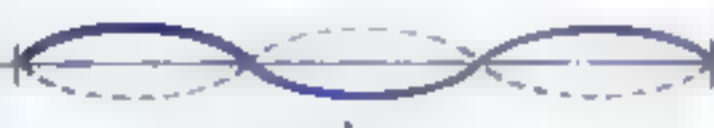
غَلْدَة موجية بطَرَج موجي غَلْدَة موجية



التوافقية الأساسية



التوافقية الثانية



التوافقية الثالثة

## التوافقيات الوترية

التوافقيات هي الترددات المختلفة التي يمكن للشئ أن يتذبذب بها. فالوتر المشدود بين دعامين يستطيع التذبذب بحيث يتلاءم عدد متباين من الأطوال الموجية على امتداده. فالنوجة ذات الطول الموجي الأكثر هي الأساسية؛ والذبذبات الأخرى هي ذات أطوال موجية أقل وترددات أعلى. وتُعرف هذه السلسلة المتوالية من الترددات بالتوافقيات. ونسبة التوافقيات المختلفة هي التي تُكسب الآلة الموسيقية صوتها المميز.

الأنابيب القصيرة تُصدر نغمات عالية الطبقة.

## الأنابيب الجِزْمارية

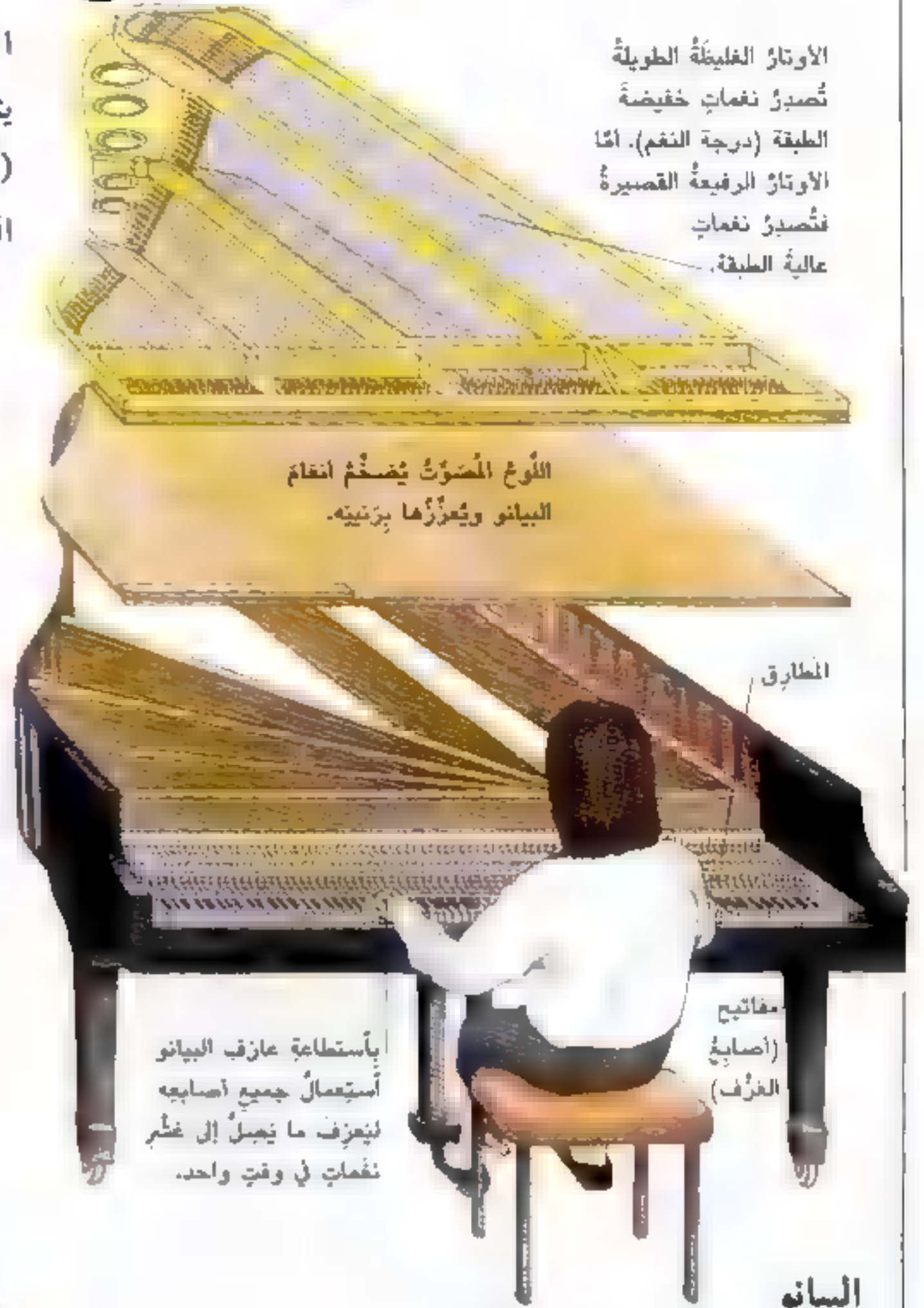
يتذبذب عمود الهواء داخل الأنبوب تَخْلُجاً وتضاعفاً؛ وتُقدِّم حركة الهواء عند وسط العمود حيث الغَلْدَة الموجية. وتكون ذبذبة الهواء على أقصاها عند طرفي العمود حيث بطنا الموجة.

يتغيّر توتر الوتر بتدوير الخلوي.

يُمكن تقصير (تقسيم) الوتر بالضغط على الاعتاب (الأساتين).

## السيتار

كُلُّ وتر في الآلة الوترية يتذبذب بتردده الطبيعي الخاص. ويُمكن زيادة تردد الوتر إما بتقصير طوله أو بزيادة توتره أو باستخدام وتر أخف. وفي العديد من الآلات الوترية تتخلل ذبذبات الأوتار إلى جسم الآلة الأجوف - الذي يعزّز برتيته الانغام ويضخمها.



بإستطاعة عازف البيانو استعمال جميع أصابعه ليعزف ما يجبل إلى غنم نغمات في وقت واحد.

## البيانو

تُدقُّ أوتار البيانو المعدنية بمطارق تُشغّلها المفاتيح (أصابع العزف المتحركة). ويستطيع العازف (أو العازفة) ضغط عدد مفاتيح معاً ليعزف توليفات نغمية. بعض التوليفات عذبة سماعة وبعضها قد يكون نشاراً. ويسرّ العزف الناجع هو في مزج الانغام في توليفات موسيقية متوافقة (هارمونية).

بطنان موجتان عند طرفي الأنبوب المفتوح حيث حركة الهواء القصوى.

الهواء لا يتمزج عند غَلْدَة موجية



الأنابيب الطويلة تُصدر نغمات خفيفة الطبقة.

## البوق

يُذبذب عازف البوق شفّته لإحداث الرنين في الهواء داخل البوق. ويستطيع عازف البوق إصدار نغمات مختلفة بتغيير توتر شفّته وفتح وغلق صمامات تُغيّر طول الأنبوب (وعمود الهواء فيه). أعمدة الهواء الطويلة أبداً ذبذبة من الأعمدة القصيرة وتُصدر نغمات أخفض طبقة. ويتشديد التفخ ترتفع جهازة الصوت.





## الجوقة الموسيقية (الأوركسترا)

إن توليف الأنغام المختلفة الطبقة من آلات وترية وآلات نفخ ونقر في الأوركسترا يُنتج تنوعاً ضخماً من التوافقيات والجرس المتميز. وهو توليف مُخطَّط ومُدروس بعناية - فكلُّ مجموعة (أو وحدة) من الآلات لها دورها الخاص في أداء القطعة الموسيقية. والجوقة الموسيقية قد تُعرَّف بنوعية ورقّة بالكاد تُسمع؛ لكن عندما يُشارك أفراد الفرقة جميعهم في العزف عاليًا، فإن مستوى الصوت قد يبلغ ١٠٠ ديسيبل.

وحدة آلات النقر تُعرَّف أحياناً بـ "آلات في أداء واحد".

وحدة الآلات النحاسية تضم الأبواق على أنواعها (من أبواق وترثيونات وتيوبات).

تُنبض أوتار القيثارة بالعزف.

أوتار الكمان والفثولات تُصدر الأصوات بجو القوس عليها أو بانباقيها.

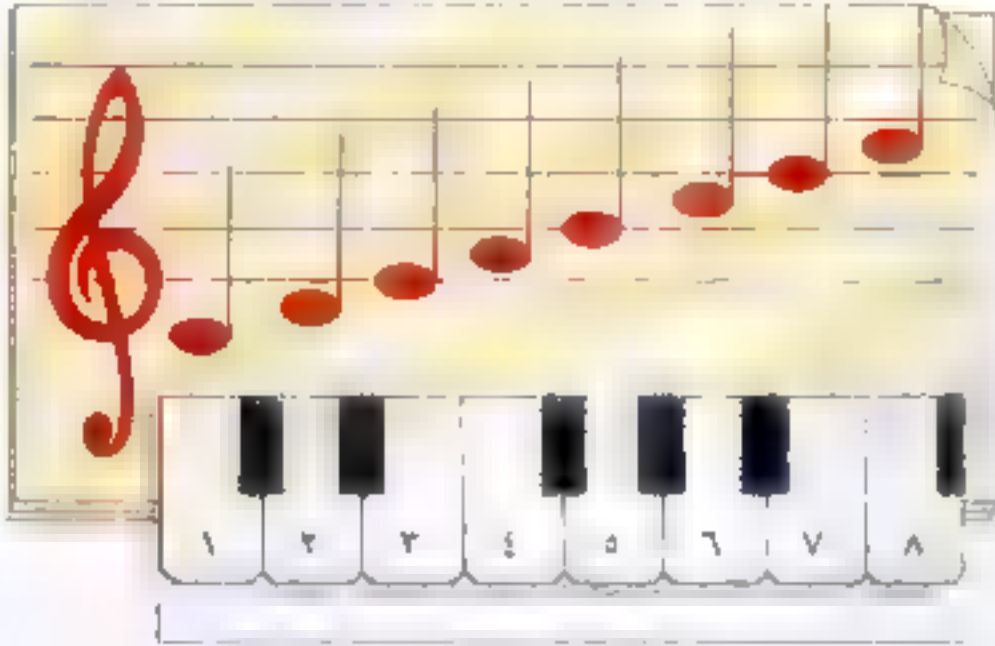
وحدة آلات النفخ الخشبية تضم الصرنايات (الكلارينات) المفردة ريشة اللسان والمزامير والباسونات (الزماجر) المزودة ريشة اللسان والنايات العديدة اللسان.

قائد الأوركسترا يضبط الإيقاع بفصافه ويتوجه بالإشارات إلى العازف المختص شخصياً.

الآلات الوترية الكبيرة كالشيللو والكمان المزودج (الدبل باز)، تُصدر أخفض الأصوات طبقة.

## السلم الموسيقي

السلم الموسيقي متوالي أنغام تتزايد ترددها تدريجياً بنسق طبيعي غذب. النغمة الأخيرة في أعلى السلم ذات تردد يُعادل تماماً ضعف تردد النغمة الأولى في أسفل السلم. النغمتان اللتان ترددان أحدهما ضعف تردد الأخرى تقولان إنه يُفصل بينهما جواب (ثمانية نغم).



جواب (ثمانية نغم)

٢٦٢ ٢٩٤ ٣٣٠ ٣٦٩ ٤١٢ ٤٤٠ ٤٩٤ ٥٢٤

كل نغمة في سلم موسيقي هي تردد صوتي مُعَيَّن.

الجلد المشدود يُصدر صوتاً عالي الطبقة؛ بينما يُصدر الجلد الرخوي صوتاً خفيض الطبقة.

## قرع الطبول

النخ والإيقاع المُتَظَمَّان من آلات النقر، كالطبول، يُضفيان على الموسيقى مزاجاً شاملاً. يهتز جلد الطبل بالقرع، ويجب ضبط القرع بالشدة اللازمة تماماً لجعل الآلة تتذبذب بالشكل الصحيح. الجلد المشدود أكثر يُصدر طبقة صوتية أعلى، كما التوتر الأشد توتراً يُصدر نغمة أعلى.



### لمزيد من المعلومات انظر

- الاهزازات ص ١٢٦
- قياس الصوت ص ١٨٠
- جهاز الصوت ص ١٨١
- إحداث الصوت وسماحه ص ١٨٢
- انعكاس الصوت وامتناعه ص ١٨٤
- حقائق ومعلومات ص ٤١٢



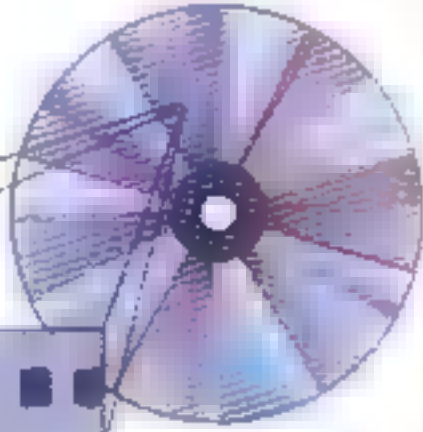
## فيثاغورس

كان الفيلسوف والرياضي الإغريقي، فيثاغورس (٥٨٢ - ٥٠٠ ق.م.) يعتقد بإمكانية التعبير عن الجمال والأنغام عددياً. وقد عرّف العلاقة الرياضية بين طبقة الصوت وطول الوتر أو الأنبوب، أو حجم الجرس الذي يُصدرها. ووجد أن تقصير الوتر إلى نصفه يُضاعف تردده ذبذبه الأساسية ويزيد طبقة النغم جواباً (ثمانية نغم).



# تسجيل الصوت

تُسجل الأصوات على أسطوانة مُدمجة كُثُر دقيقة يُمكن كشفها واستخلاصها بالليزر.



0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0
3	5	6	6	4	2	1	2													

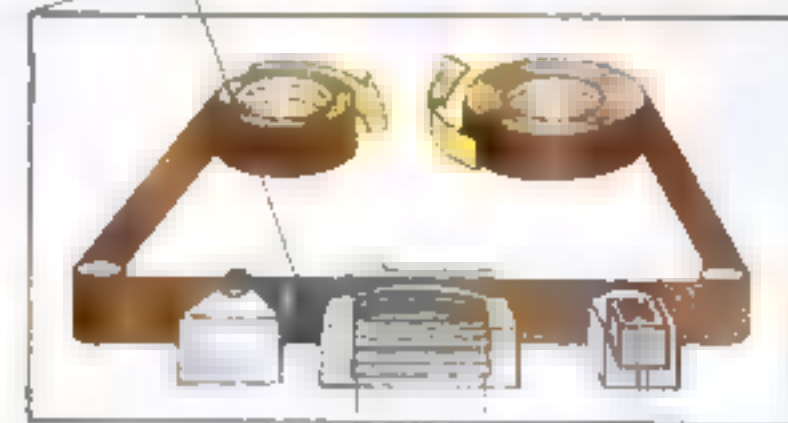
الثقُر هي أرقام بالأعداد الثنائية.

كما الكلمات المكتوبة على الورق تُقرأ مرارًا وتكرارًا، كذلك الأصوات يمكن تسجيلها واستعادتها مرّة بعد أخرى. التسجيلات الصوتية كلها تُخزن الأصوات باستنساخ تموجاتها. هنالك نوعان من التسجيل الصوتي: النظيري والرقمي. في التسجيلات النظيرية تُخزن أنماط الأمواج الصوتية كخط متّوَج يُخزّن على أسطوانة، أو كأنماط مغناطيسية على شريط. أما التسجيلات الرقمية فتحوّل فيها أنماط الأمواج الصوتية إلى أرقام تُوضَع مواقع كافة النقاط على الموجة الصوتية قبل تسجيلها. وتُخزن هذه الأرقام ككُثُر دقيقة على أسطوانة مُدمجة أو كأنماط مغناطيسية على شريط سمعي رقمي، ثم يُعاد تحويلها إلى صوت بمعالج صُغري رقابي.

## التسجيل الرقمي

يُسجل الصوت نُقْراً دقيقة تُكتب على سطح أسطوانة مُدمجة مُغوية. هذه الثقُر هي أرقام بالأعداد الثنائية، كل منها قياس يُغلو الموجة الصوتية في لحظة مُعيّنة. عند تدوير الأسطوانة، تُنتج حُرمة المِغزاة سطحها، وإد تسقط الحُرمة على جزء مُنطبع منها تُعكس الحُرمة نحو مُكشاف ضوئي، يُحوّل الضوء إلى نبضات كهربائية؛ لكن إذا وقعت الحُرمة على نُقْرة، فإنها تُعكس بعيداً.

يُغذّى رأس التسجيل بالإشارات الكهربائية من الميكروفون، فيُرتّب مجاله المغناطيسي الجسيمات في نُقط مُعيّنة.



يُمكن تسجيل الأمواج الصوتية كسلسلة رقمية؛ كل رقم يُحدّد غلو الموجة الصوتية في لحظة مُعيّنة.

## التسجيل الشريطي

شريط التسجيل داخل الحافظة (الكاسيت) مُغطى بطبقة أكسيدية تحوي جُزْئات مغناطيسية. ففي شريط غُمل تُنحَى الجسيمات المغناطيسية عشوائياً، لكنها بعد تسجيل الصوت تتخذ نمطاً يتوافق مع الصوت المُسجل.

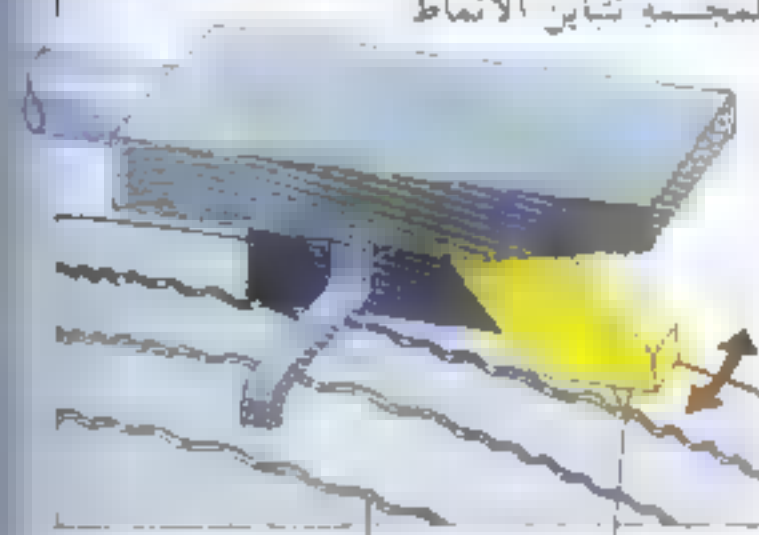
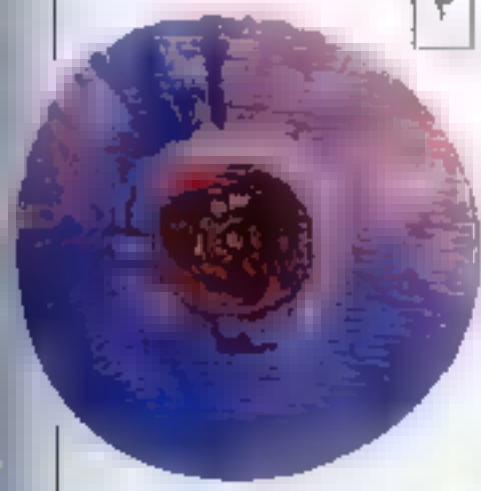
## ستوديو التسجيل

تجري التسجيلات بمزج (توليف) الأصوات من الآلات المُختلفة والمُغنين، وليس من الضروري تسجيل كل شيء دُفعة واحدة - إذ يستطيع مُهندس الصوت إضافة الأصوات واحداً فوق الآخر. فهو يُوجّه عملية المزج بتحريك مُقاليذ انزلاقية على نُضيد التوليف.



## الأسطوانات

نهض إبرة مغزقة الأسطوانات (الفونوغراف) أثناء سيرها في خز الأسطوانة تبعاً لنمط الأمواج الصوتية المُسجلة عليها. وهذه الاهتزازات تُشِير إشارات كهربائية في رأس اللاقط. في الأسطوانات المُجسمة تتأين الأنماط قليلاً على جانبي الخُر فتُخرُج الأصوات المُختلفة من الجهازين الأيمن والأيسر (مُجسمة).



تُشِير إبرة المغزقة في الخُر.

الخُر طوله ٤٠٠ متر وأكثر

## توماس إديسون

أوّل تسجيل صوتي كان عام ١٨٧٧، أجراه توماس إديسون (١٨٤٧-١٩٣١) لكلمات إحدى أناشيد الأطفال سجلها بصوته على فونوغرافه. وقد أُجري هذا التسجيل بِخُذْش خُر في أسطوانة شمعية. ولم يكن فونوغراف إديسون يعمل كهربائياً، بل اعتمد فقط على الاهتزازات الميكانيكية للإبرة في تسجيل الأصوات واستعادتها.



### لمزيد من المعلومات انظر

- أشباه الفلزات ص ٣٩
- المغناطيسية ص ١٥٤
- الكهرومغناطيسية ص ١٥٦
- الأصوات الإلكترونية ص ١٨٩



# الأصوات الإلكترونية

جميع الأصوات المعروفة، بما فيها الصوت البشري، يمكن إحداثها إلكترونياً بتقنيات الأصوات الرقمية. وتستطيع الآلات الإلكترونية أيضاً تخليق أصوات جديدة بالكامل. فالآلات الصوتية يمكن أن يستبدل بها أصوات مخلقة أو عينات صوتية تُعرَف إقبالاً أو إدباراً أو ببطءة مختلفة أو يمكن معالجتها حاسوبياً بأساليب متنوعة. كما يمكن أيضاً إضافة الأصداء والترجيعات إلى الأصوات إلكترونياً. والواقع إنه من الممكن لشخص يعمل بمفرده على لوحة مفاتيح وحاسوب، في غرفة صغيرة، أن يخلق أصوات أوركسترا بكاملها.



الرائد الألي يُغيّر  
توتّر الأوتار بحيث  
يمكن دوزنّها.

معالج المؤثرات يمكنه إضافة  
الصدى أو الضبابية أو  
التشويه إلى صوت الجيتار.

عند تذبذب  
الأوتار تنتج  
اللاقطات الصوتية  
نحتها إشارات  
كهربائية  
صغيرة.

يتحكم عازف  
الجيتار بمعالجة  
الإشارات  
بدواسة قدمية.

المضخم يضخم  
الإشارات من الجيتار  
لتشغيل المجهار.

## الجيتار الكهربائي

الصوت الذي يُحدثه الجيتار الكهربائي بذاته ضئيل نسبياً، لكنه بالكهرباء يُعزّز ويُضخم. فإنباض الأوتار المعدنية يهزّها، وتحوّل هذه الذبذبات إلى إشارات كهربائية صغيرة في اللاقطات تحت الأوتار. وهذه الذبذبات بدورها تضخم وتعالج لجعل صوت الجيتار واضحاً أو ضبابياً، غلباً ناعماً أو أجش خشناً.

## اختيار النماذج

يُسجّل مُنتقى النماذج الأصوات الطبيعية ويُخزنها رقمياً. وعند الاستعادة، يمكن تدليل الأرقام لتغيير ترددات الصوت الأصلي وبالتالي طبقة. وهكذا يستطيع مُنتقى النماذج تركيب سُلّم موسيقي حتى من صوت كلب يتنبح.

يُستعاد الصوت  
بواسطة لوحة المفاتيح.



تُخزّن الأصوات رقمياً  
في مُنتقى النماذج.



## المؤثرات الخاصة

يتم تأليف الموسيقى الإلكترونية والتأثيرات المرافقة، للإذاعة والتلفزة، في مشغل راديو فونتي. في بدايات البث الإذاعي، كانت أصوات الرّعد مثلاً، تُنتج بهزة صفائح معدنية كبيرة؛ وأصوات وقع حوافر الخيل بالتقر على قشور جوز الهند. أما اليوم، فيمكن تخليق هذه الأصوات إلكترونياً.



## الأصوات المُولفة

المُولفة آلة موسيقية تُخلّق الأصوات إلكترونياً. المُولفة التي صمّمها المهندس الأمريكي روبرت مونغ في الخمسينيات، كانت تُعرف نعمة واحدة في كل مرّة، أما المُولفات الرقمية الحديثة فيمكنها إنتاج نوتيات مُعقّدة جداً من الأصوات. فالبروفسور سيبين فوكنج، الذي لا يستطيع التكلّم، يتواصل مع الناس مُستخدِماً حاسوباً يُخلّق الكلمات.



تُدخل الكلمات إلى الحاسوب عبر لوحة المفاتيح - فيُنطق بها بصوت مُولّف.



## البنية الرقمية للآلات

### الموسيقية (منظومة ميدي)

هذه المنظومة الرقمية بين الآلات الموسيقية تُمكن الحاسوب من استارة الآلات المختلفة، كلوحات المفاتيح ومكّنات الطبول، إلى العمل لتُصدر الأصوات معاً أو على التوالي. وهذا يعني أنّ المُولف الموسيقي، باستخدامه هذه المنظومة، يستطيع وضع موسيقى الأفلام السينمائية والتلفزيونية والأغاني الشعبية دون حاجة إلى الاستعانة بخوقة موسيقية أو أوركسترا.

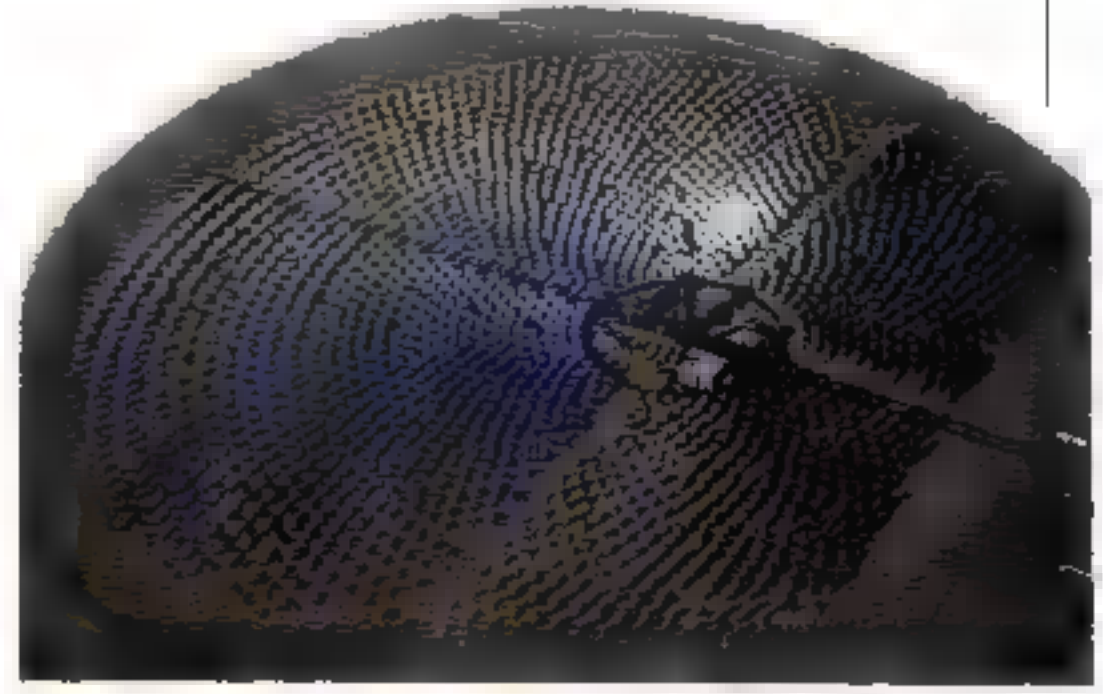
### لمزيد من المعلومات انظر

- الحواسيب ص ١٧٣
- قياس الصوت ص ١٨٠
- إنيكاس الصوت وامتناعه ص ١٨٤
- الأصوات الموسيقية ص ١٨٦
- تسجيل الصوت ص ١٨٨



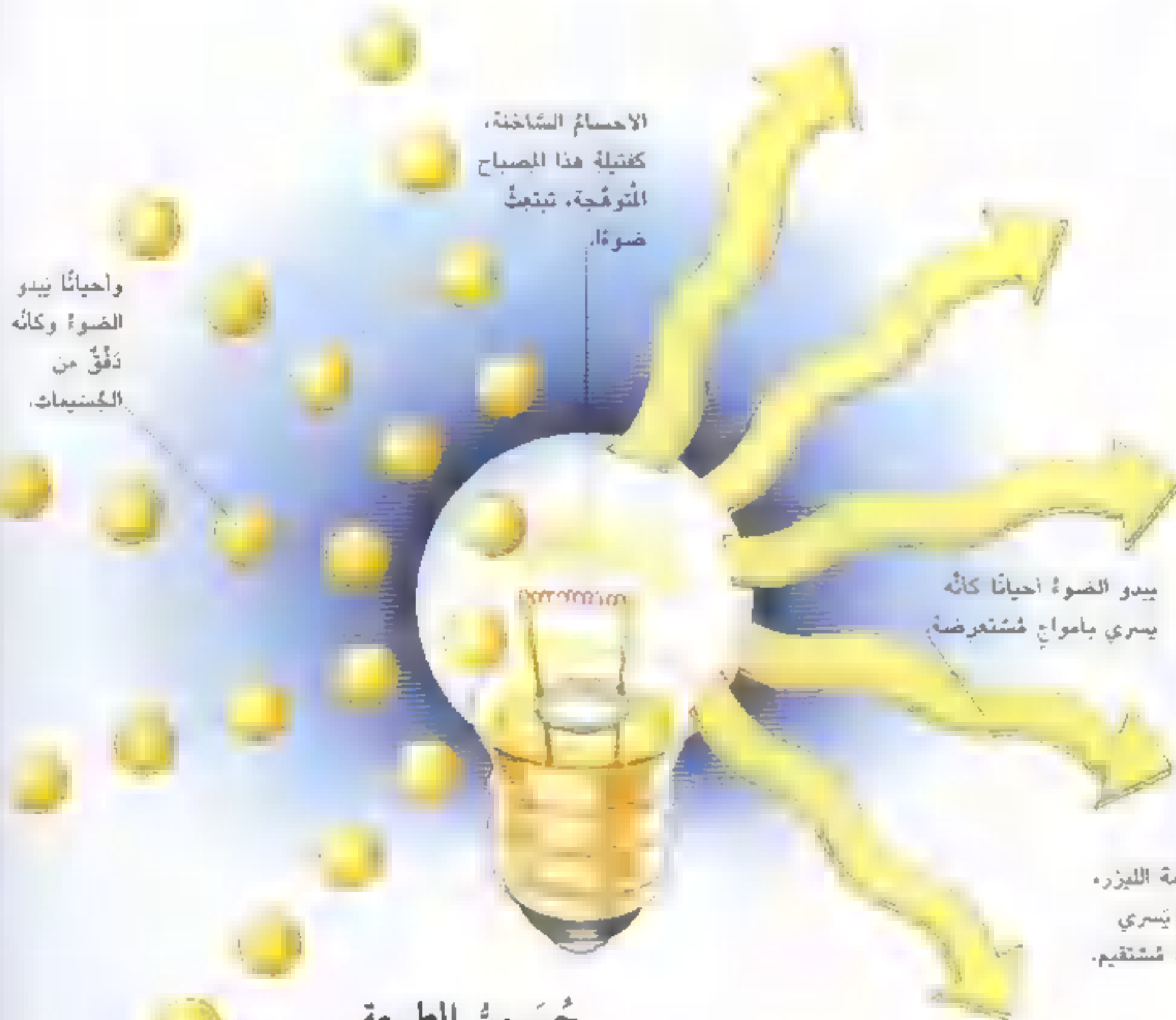
# الضَّوُّ

ما هو الضَّوُّ؟ إنَّه شيءٌ نراه ونُفِئِدُ منه يوميًّا، لكنَّه قَلَمًا يُشْغِلُ تفكيرنا. وهو شكلٌ من أشكالِ الطاقة؛ فطاقةُ الشَّمْسِ هي مصدرُ القُدرةِ لِمُخْتَلِفِ الكائناتِ الحيَّةِ على الأرض. يَسْري الضَّوُّ بِسُرعةٍ فائقةٍ جدًّا؛ فما أن تفتَحَ مِقلادَ المِصباحِ الكهربائيِّ حتَّى يَغْمُرَ الضَّوُّ المكانَ، إذ يَسْري الضَّوُّ بِسُرعةٍ ٣٠٠,٠٠٠ كيلومتر في الثانية؛ وهي السُرعةُ الحديَّةُ القُصوى في الكون، ولا شيءٌ يستطيعُ تجاوزَها. أحيانًا يَظْهَرُ الضَّوُّ كأنَّه ذو طبيعةٍ مَوْجِيَّةٍ؛ لكنَّه، بخلافِ أمواجِ الصوتِ والماءِ، يَنْتَقِلُ في الفراغِ أيضًا؛ وأحيانًا يَبْدُو الضَّوُّ وكأنَّه دَفْقٌ من الجُسيماتِ. يَنْبَعِثُ الضَّوُّ عادةً من الأجسامِ السَّاخِنة - كالشَّمْسِ والنَّارِ، لكن يُمكنُ توليدُه بِطَرِيقٍ أُخرى أيضًا. فالكهرباءُ تَنْبَعِثُ الضَّوُّ وكذلك بعضُ التفاعلاتِ الكيماويَّةِ - كِتِلِكَ التي تَحْدُثُ في الحُبابِ فتَجْعَلُها تَومِجُ في الظُّلْمَةِ.



## الطاقة الضوئية

يُمْكِنُكَ تَحْسُلُ الطاقةَ الضوئيةَ وانتِ تَشْمُسُ. فِضْوَةُ الشَّمْسِ يَدْفُقُ جَسْمُكَ وَيُخْبِتُ في جِلْدِكَ تفاعلاتٍ كيماويَّةً تُسَفِّهُ وتَلْفَحُه. إنَّ كَمِّيَّةَ الضَّوِّ السَّاقِطِ على مترٍ مُرَبَّعٍ واحدٍ من سطحِ الأرضِ يُمْكِنُها تَشْغِيلُ عَشْرَةِ مِصابيحٍ كهربائيَّةٍ. ومنحطَّاتِ القُدرةِ الشَّمْسيَّةِ تُسَخِّرُ هذه الطاقةَ بِاسْتِخدامِ مِرايا لِتَركِيزِ أشْجَةِ الشَّمْسِ في مُستَظِلٍّ مركَزيٍّ يُحوِّلُ الماءَ إلى بخارٍ؛ وهذا بِدَوْرِهِ يُسْتَخْدَمُ في توليدِ الكهرباء.



## جُسيماتِ الطبيعة أم مَوْجِيَّها؟

اعتقد إسحاق نيوتن (١٦٤٢-١٧٢٧) أنَّ الضَّوُّ يتألَّفُ من جُسيماتٍ مِجْهرِيَّةٍ تُشَبِّهُ كُرَّاتِ البِلَّارِ الدَّقِيقَةِ. فيما اقترح الرِّياضيُّ الهولنديُّ، كريستيان هيجنز (١٦٢٩-١٦٩٥) أنَّ الضَّوُّ حَرَكَةٌ مَوْجِيَّةٌ كَأَمْواجِ الصوتِ أو الماءِ. أمَّا نظريَّةُ الكَمِّ الحديَّةِ فتَقَلِّلُ خواصَّ الضَّوِّ المَوْجِيَّةِ، في بعضِ الحالاتِ، وخواصَّ الجُسيمِيَّةِ في حالاتٍ أُخرى بِطَبِيعَةِ المَرْدُوجَةِ.



## الانعكاس والانكسار

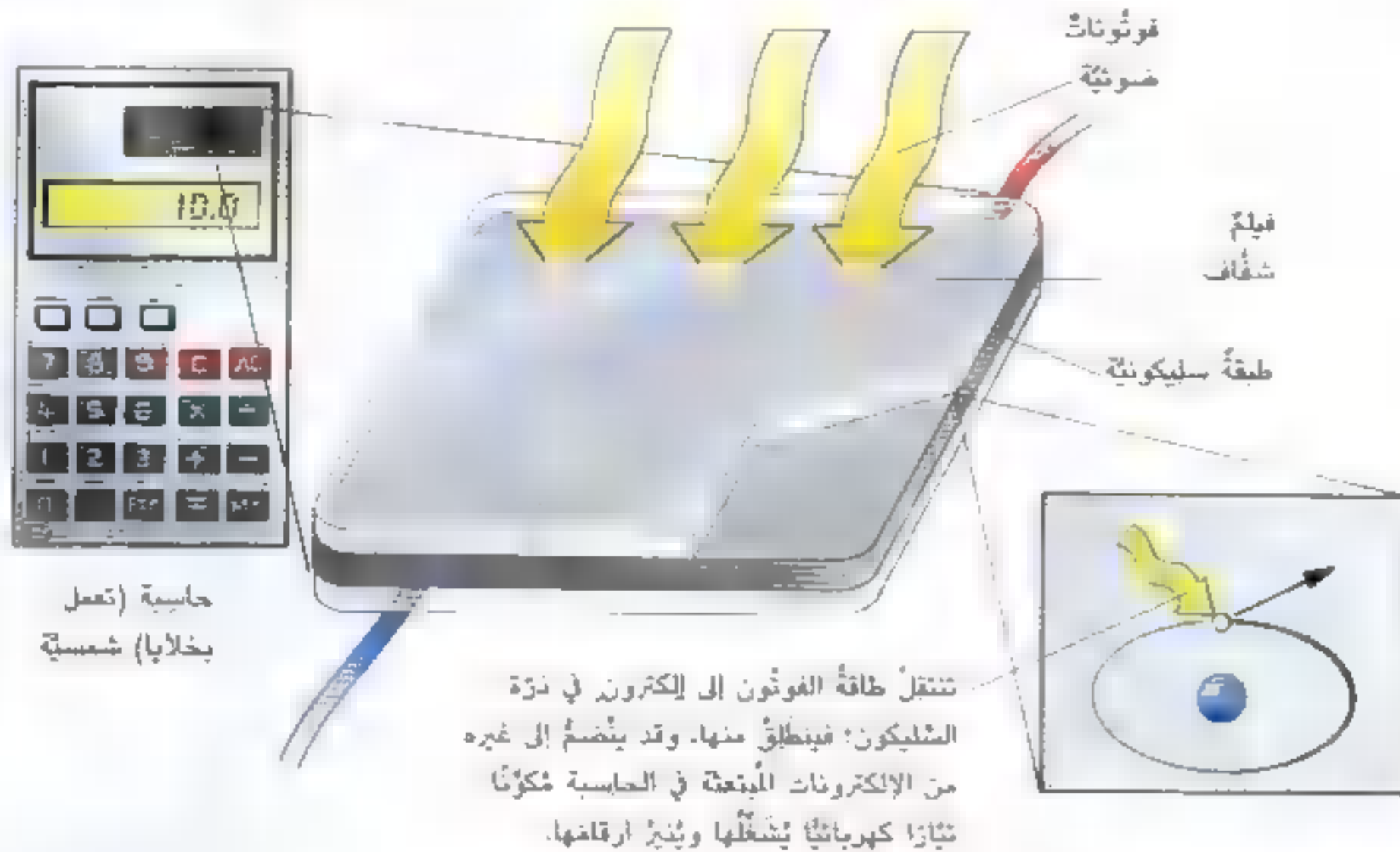
يسري الضَّوُّ في الفراغِ بِخَطِّ مُستَقيمٍ، لكنَّه يَنحَرِفُ، مُغيِّرًا اتِّجاهَه، عندما يَنْتَقِلُ من وَسْطٍ شفافٍ إلى أُخر. بعضُ السُّطُوحِ، كالمِرايا، يَعمُكُ الضَّوُّ كما تَرْتَدُّ الكُرَّةُ من سطحٍ صُلْبٍ. أمَّا المِوادُّ الأُخرى، كالماءِ والرُّجَاجِ، فتَكمِيزُ الحَزْمَ الضَّوْثِيَّةَ، مُبْطِئَةً سُرْعَتَها ومُغيِّرَةً اتِّجاهَها قَلِيلًا، عندَ اتِّقالِها إليها من الهواءِ.

تتكمَّلُ حَزْمَةُ الليزر عندَ اتِّقالِها كُتْلَةً رَجاوِيَّةً، غَيِّبُوتُ مِساوِها عندَ اتِّقالِها من الهواءِ إلى الرُّجَاجِ.



## الظَّاهِرَةُ الْكَهْرَضَوِيَّةُ

أشعة الضوء الساقطة على فلز، ذي خاصية كهروضوئية، تبتعث بعض الإلكترونات من ذرات ذلك الفلز. وتستخدم هذه الظاهرة الكهروضوئية في الخلايا الشمسية التي تعد الحاسبة الإلكترونية الشمسية بكهرباء تولدها من الضوء. إن زيادة شدة الضوء لا تزيد سرعة الإلكترونات المبتعثة، بل تزيد عددها، وذلك يمكن تعليله فقط باعتبار الضوء رمزاً صغيرة من الطاقة الضوئية تدعى فوتونات. فعندما يصدم الفوتون ذرة تنتقل طاقته إلى أحد إلكترونات الذرة فينبطئ، مبتعثاً، منها. وبأزدياد الفوتونات تزداد الإلكترونات المبتعثة (المنطلقة) من الذرة.



تنتقل طاقة الفوتون إلى إلكترون في ذرة السليكون؛ فينبطئ منها. وقد ينضم إلى غيره من الإلكترونات المبتعثة في الحاسبة مكوناً تياراً كهربائياً يشغلها ويدير أرقامها.

## نَظَرِيَّةُ الْكَمِّ

الفيزيائي الألماني، ماكس بلانك (١٨٥٨-١٩٤٧)، كان أول من أرتأى أن الضوء ليس موجي الطبيعة فقط ولا جسيم الطبيعة فقط، بل إن له خصائص الطبيعة.

وقد وسع ألبرت أينشتاين هذه النظرية فيما بعد - معتبراً أنعكاس الضوء وانكساره وانعراجة، مظهرًا لطبيعة الموجية بترددات وأطوال موجية، كأموح الصوت. أما ظاهرة امتصاص الذرات وانبعاثها للضوء فمظهر لكون الضوء ذقًا من الجسيمات تُعرف بالفوتونات؛ كلٌّ منها يحمل كمية معينة من الطاقة. وهذا هو مجمل نظرية الكم.



تتلقى الذرة طاقة «شحن» من أحد إلكتروناتها لينتقل إلى مستوى طاقي أعلى.

## الحَيُودُ وَالتَّدَاخُلُ

إذا غيرت الحزمة الضوئية شيئاً ضيقاً فإنها تعرف قليلاً عند حافته وتنتشر. وكلما ازداد تضيق الشق، شبح الانتشار، ويعرف هذا بالحَيُود (أو الانعراج). يمكنك مشاهدة هذه الظاهرة إذا خزرت (ضيقت) عينيك ناظرًا إلى مصابيح الشارع عبر أهداب أجفانك. إذا تراكبت حزمتان متفرجتان فالنمط الذي تكونانه لا يمكن تعليله إلا باعتبار الضوء أمواجًا من ذرى ونظرون. فحيث تتلاقى (وتتطابق) ذروتان (أو بطنان)، تظهر بقعة بيضاء؛ أما حيث يلتقي بطن مع ذروة فإنهما يلغيان أحدهما الآخر، فتظهر بقعة مظلمة؛ ويعرف هذا بالتَّدَاخُل.



## سُرْعَةُ الضُّوْءِ

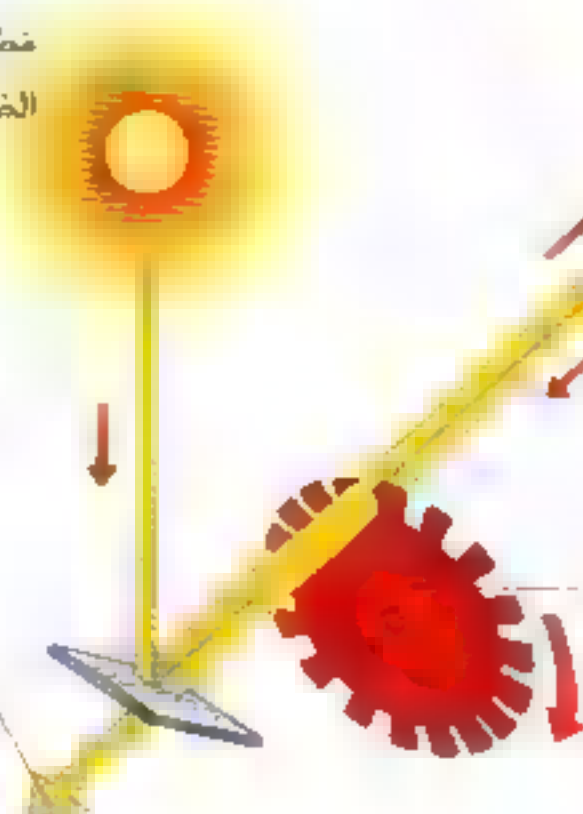
يسري الضوء بسرعة فائقة جدًا بحيث لا يمكن قياس زمن انتقاله بأي ساعة عادية. لكن الفيزيائي الفرنسي، آرمان (بيوليت فيزو (١٨١٩-١٨٩٦)، حقق قياسًا عمليًا لسرعة الضوء عام ١٨٤٩. فقد أرسل حزمة ضوئية عبر أسنان دولاب مسنن نحو مرآة على بعد ١ كم وسرع دوران الدولاب حتى أمكن مشاهدة حزمة الضوء المنعكسة عبر فجوات الأسنان دون انقطاع. فأدرك فيزو أن الضوء قد سري نحو المرآة وعاد منها في الوقت الذي استدار فيه الدولاب بيتاً واحدة.

يُدَوِّمُ الدولاب المسنن بسرعة فائقة بحيث إن حزمة الضوء المنطلقة نحو المرآة من فجوة بين مسنن تقود عبر الفجوة التالية.

الضوء من المصدر ينعكس على المرآة عائدًا مباشرة من بعد ١ كم.

مصدر الضوء

يسرع المراقب دوران الدولاب حتى يرى حزمة الضوء متواصلة.



عندما يعود الإلكترون المستثار ثانية إلى مستوى الطاقى الأصلي، ينبعث فوتون من الضوء.

## لزيادة من المعلومات انظر

- مصادر الطاقة ص ١٣٤
- الصوت ص ١٧٨
- الطيف الكهرومغناطيسي ص ١٩٢
- مصادر الضوء ص ١٩٣
- الانعكاس ص ١٩٤
- الانكسار ص ١٩٦
- الضوء والمادة ص ٢٠٠



# الطيف الكهرمغناطيسي

كما يتنقل الضوء أمواجًا، كذلك أشكال الطاقة الأخرى بما فيها الأمواج الراديوية والصغرية (الميكروية) وفوق البنفسجية؛ وهي كلها أمواج كهرمغناطيسية تُؤلف في مجملها ما يُدعى الطيف الكهرمغناطيسي. إن ألوان قوس قزح هي الجزء الوحيد المرئي في هذا الطيف، فكل الأمواج الأخرى غير مرئية. إن جميع هذه الأمواج تسري بسرعة الضوء، لكن كل مجموعة منها لها أطوال موجية مختلفة، وتحمل كميات متباينة من الطاقة. فالأمواج دون الحمراء والأمواج الصغرية والراديوية أطول أمواجًا من الضوء المرئي وتحمل طاقة أقل منه. أما الأشعة فوق البنفسجية والأشعة السينية وأشعة جاما فأطوالها الموجية أقصر من الضوء المرئي وتحمل طاقة أكثر منه.

## أشعة جاما

أشعة جاما

شديدة الاختراقية وهي تحمل كميات كبيرة من الطاقة بحيث تُتلف الخلايا الحية إذا مرت عبرها. تُنتج أشعة جاما من نوى الذرات الإشعاعية في التفاعلات والانفجارات النووية.

الشمس مصدر للأمواج الكهرمغناطيسية.

## الأشعة السينية

(أشعة إكس)

الأشعة السينية فيها من الطاقة ما يجعلها تخترق طبقة سميكة من المادة بما فيها الجسم البشري. وفي صورة شعاعية تظهر أجزاء الجسم الكثيفة ظلًا.

## الأمواج الراديوية

تتراوح الأطوال الموجية للأمواج الراديوية المستخدمة في البث الإذاعي والتلفزيوني بين مئات الأمتار وبضع عشرات من السنتيمترات. وهناك علاقة وثيقة بين حجم الهوائي اللازم لالتقاط الإشارات الراديوية (اللاسلكية) وبين الطول الموجي.

الضوء المرئي هو الجزء الوحيد من الطيف الكهرمغناطيسي الذي يمكن رؤيته.

## الأمواج الصغرية

الأمواج الصغرية أقصر الأمواج الراديوية، وهي تُستخدم في إرسال إشارات الرادار. بعض الأمواج الصغرية ذو تردد مساو لتردد جزيئات الماء، فيمكن استخدام هذه الأمواج في إنضاج الطعام الرطب، إذ تتحول طاقتها إلى حرارة بتذبذب جزيئات الماء.

## الأمواج فوق البنفسجية

يحتوي ضوء الشمس أشعة فوق بنفسجية والكميات القليلة من هذه الأشعة مفيدة لنا، لكن الكميات الكبيرة منها قد تؤدي غيوتنا، وتسبب سرطان الجلد. وهذه الأمواج هي التي تسفع الجلد وتكسبه سُمرة برونزية.

### لمزيد من المعلومات انظر

النشاط الإشعاعي  
(التفاعلية الإشعاعية) ص ٢٦  
البسورات ص ٣٠  
الراديو ص ١٦٤  
التلفزيون ص ١٦٦  
حقائق ومعلومات ص ٤١٢

## الأمواج دون الحمراء

تتبع جميع الأجسام الدافئة أشعة دون الحمراء. وتستخدم هذه الأشعة في ألتقاط صور فوتوغرافية خاصة، تُدعى صورًا حرارية، يُبين كل لون فيها درجة حرارة جلدية مختلفة تتراوح بين الأصفر (احمًا) والأزرق (باردًا).

## جيمس كلارك ماكسويل

وضع الفيزيائي الإسكتلندي، جيمس كلارك ماكسويل (١٨٣١-١٨٧٩)، معادلات في الكهرباء والمغناطيسية تفسر ظواهر الأمواج الكهرمغناطيسية قبل اكتشافها. بعد حوالي ١٥ عامًا من نشر تلك المعادلات استطاع هنريخ هرتز إنتاج الأمواج الراديوية (اللاسلكية) وتعرفها للمرة الأولى.



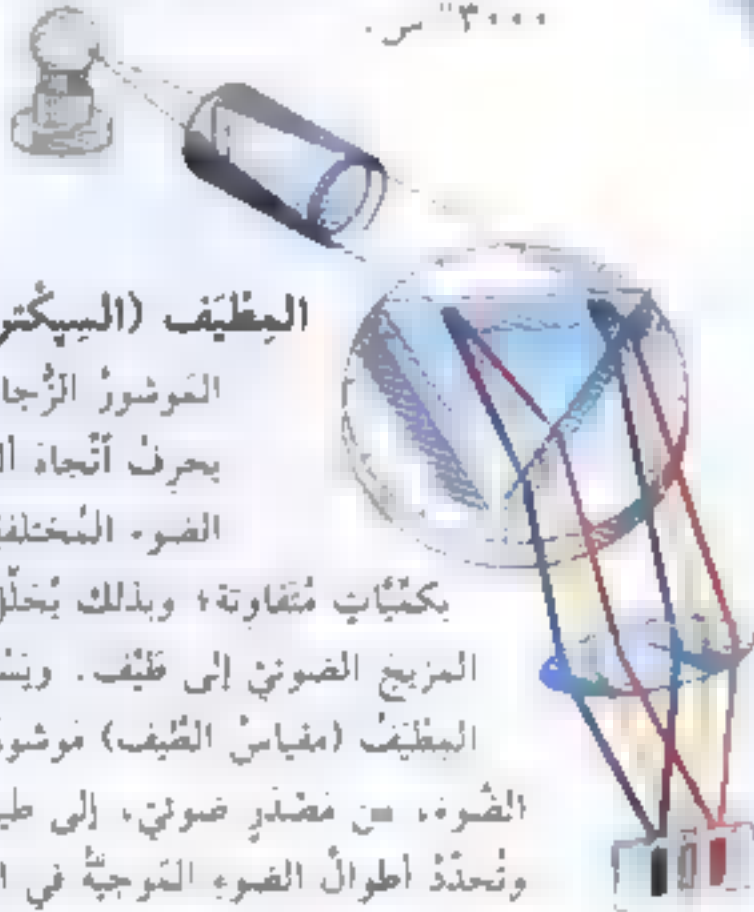


# مصادر الضوء



صنعة إديسون

صنع المخترع الأمريكي، توماس إديسون (١٨٤٧-١٩٣١)، أول صنعة كهربائية غشائية عام ١٨٧٩. فقد مرّر تياراً كهربائياً عبر فتيلة كربونية بداخلها، لإحماؤها، فتوهجت بنسبة لا فت. ونحوي الصناعات الحديثة فتائل من المتنجستن تسخن إلى درجة تقارب ٣٠٠٠° س.



## المطياف (السيكترومتر)

الموسور الزجاجي يحرف اتجاه ألوان الضوء المختلفة بكميات متفاوتة، وبذلك يُحلّل المزيج الضوئي إلى طيف. ويستخدم المطيف (مقياس الطيف) موسوراً يفرق الضوء من مصدر ضوئي، إلى طيف. ويُحدّد أطوال الضوء الموجية في الطيف ماهية العناصر المتواجدة في المصدر.

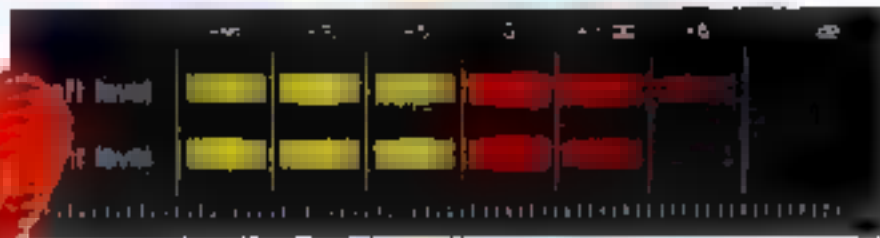
## الدائيات الضوئية

يُمكّنها إنتاج الضوء

الأحمر والبرتقالي

والأصفر

والأخضر.

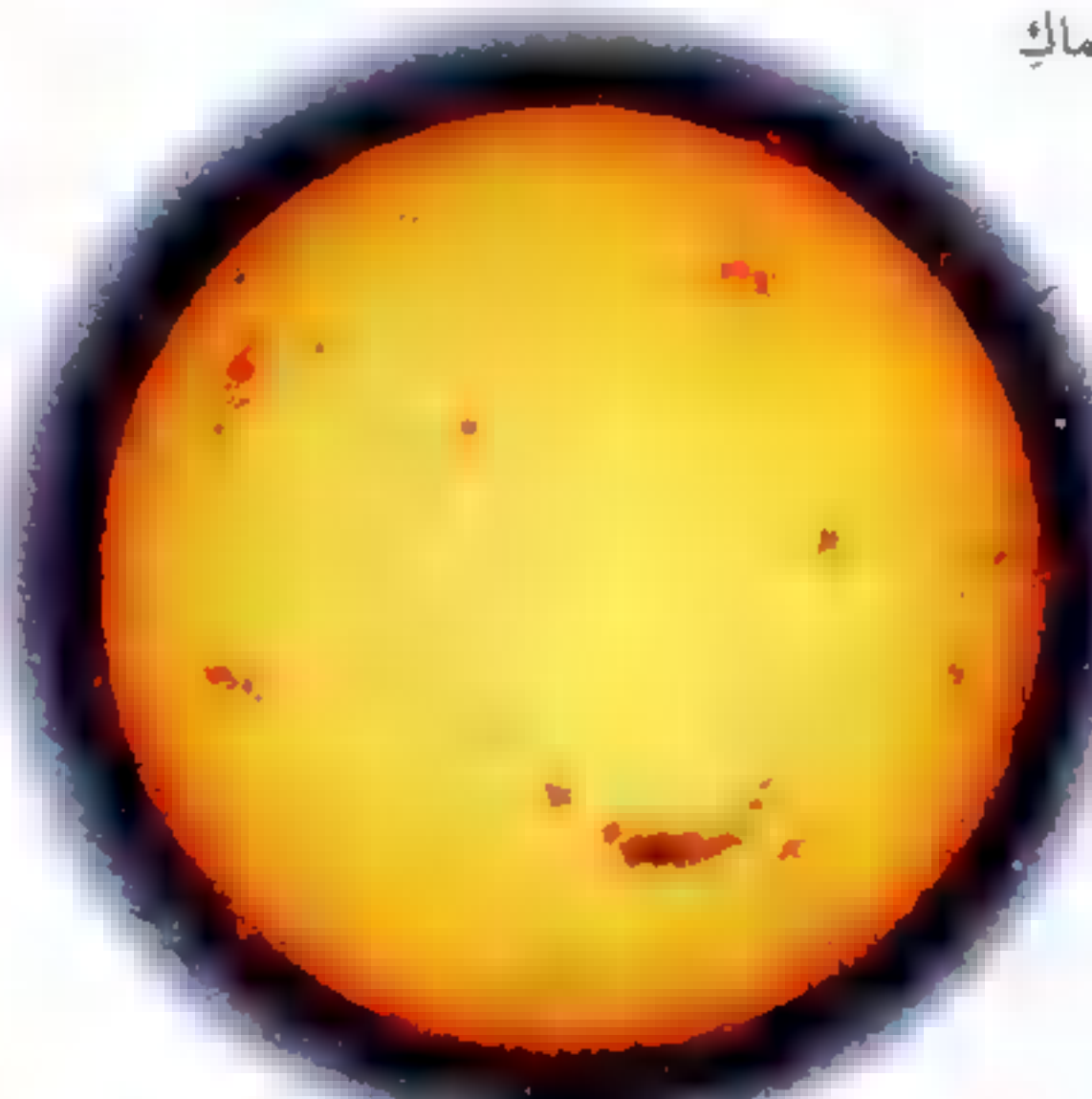


تُستخدم الدائيات الضوئية أحياناً في أطر عرض الحاسبات ومسجلات النقطة والساعات الرقمية.

## الدائيات الضوئية

يحوي الكثير من الأنظمة الحديثة العالية الأمانة أطر عرض من الدائيات الضوئية. وهذه تحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة ضوئية - فتنبعث ضوءاً عند مرور تيار عبرها. وهذه الدائيات صغيرة الحجم، تستهلك تياراً قليلاً جداً، وتقوم طويلاً بالمقارنة مع الصناعات ذات الفتائل.

كل جسم في الكون ينبعث أمواجاً كهرومغناطيسية - من النجوم إلى الشجر حتى الأجسام البشرية. هذه الأمواج غير مرئية في معظم الأوقات والحالات لأن تردداتها أقل من ترددات الضوء المرئي. لكن إذا سخن الجسم تدريجياً، يزداد تردد الإشعاعات، فتصدر ضوءاً مرئياً. تبدأ الأجسام بالتوهج الأحمر الباهت على درجة ٥٠٠° س، ويصبح التوهج برتقالياً ناصعاً على درجة ٢٠٠٠° س، ويبلغ درجة الإبيضاض على ٥٠٠٠° س، مُبتعثاً جميع ألوان الطيف المرئي. لكن إصدار الضوء ليس مقصوراً على الأجسام الساخنة فقط، فالتيار الكهربائي المار عبر غاز يُثير إلكتروناته التي تطلق لاحقاً طاقتها الإضافية ضوءاً. والكيمائيات قد تصدر الضوء أيضاً، فأنماط التوهج على طول أجسام بعض أسماك الأعماق تنتج عن تفاعلات كيمائية.



## الطيف الشمسي

تبلغ درجة حرارة سطح الشمس ٥٥٠٠° س، وتنبعث جميع ألوان الطيف المرئي على هذه الدرجة. لكن الذرات في الطبقات الخارجية الباردة من جو الشمس تمتص ترددات معينة من الضوء المار عبرها - مما يحدث خطوطاً مظلمة في الطيف الشمسي تُعرف بخطوط فراونهوفر.

تنتج الغازات المختلفة أضواء

مختلفة الألوان، فالنيون مثلاً،

ينتبعث دافئاً

ضوءاً أحمر.



## أضواء النيون

الأنبوب الزجاجي المملوء بالغاز يصدر ضوءاً عندما يسري خلاله تيار كهربائي. وينحدث ذلك ليس لأن الغاز ساخن، بل لأن إلكترونات الغاز تُفقد طاقة تفقدتها لاحقاً بأبعائها ضوءاً.

مواقع خطوط فراونهوفر شبيهة بالعناصر المتواجدة في جو الشمس.

## غوستاف كيرتشفوف

الفيزيائي الألماني، غوستاف كيرتشفوف (١٨٢٤-١٨٨٧)، درس الأطياف الضوئية

بمطياف (سيكترومتر) طوّره بمعاونة

الكيميائي روبرت بزن. وقد لاحظ أن

الذرات والجزيئات المنفردة تبعث ألواناً

معيّنة فقط عند تسخينها. وبذلك أدرك أن

كل عنصر ينتج طيفاً متميّزاً من الخطوط

المملونة يُمكن تحديده هويته به.



## لمزيد من المعلومات انظر

- الغازات النبيلة ص ٤٨
- التفاعلات الكيميائية ص ٥٢
- مصادر الكهرباء ص ١٦٠
- الألوان ص ٢٠٢



# الانعكاس

نرى بعض الأشياء لأنها مُضيئة بذاتها - كالشمس أو صَمَجَة النور؛ أمّا الأجسام غير المُضيئة فنراها بالضوء المُنعكس، أي بأشعة الضوء المُرتدة عنها. فنحن نرى القمر لأنه يَعرِكُ ضوء الشمس. الغازات، على العموم، غير مرئية لأنها، برقة قوامها المُفرطة، لا تستطيع من الضوء ما يكفي لرؤيتها؛ أمّا السوائل والجوامد فترى بوضوح. يعتمد مظهر الجسم المرئي على كمية الضوء التي يعكسها وعلى نسبة سطحه؛ فالسطح الأبيض المليس مثلاً، يعكس النور أكثر من سطح داكن خشن. أمّا السطح الذي لا يعكس أي ضوء فيبدو أسود.

صورة الجسم في المرآة  
المستوية مقلوبة يعني يسار.  
وهذا يعني أن جانب الجسم  
الأيمن يُصبح الجانب الأيسر  
للصورة.



## الصورة المرآوية

هل لاحظت أن بُعد  
صورة الجسم في المرآة  
المستوية (المسطحة) خلفها  
مساو لبعد الجسم أمامها؟ إن  
هذه الصورة ليست صورة حقيقية؛  
فالواقع أن مصدر الضوء ليس  
من خلف المرآة، بل هو ضوء  
ينعكس من سطحها إلى أعيننا كأنه  
أت من جسم في موقع الصورة تماماً.  
لذا نسمي مثل هذه الصورة صورة  
تقديرية.

حجم الصورة  
التقديرية في المرآة  
المستوية مماثل تماماً  
لحجم الجسم.

مصدر  
ضوئي

## انعكاس مرآوي

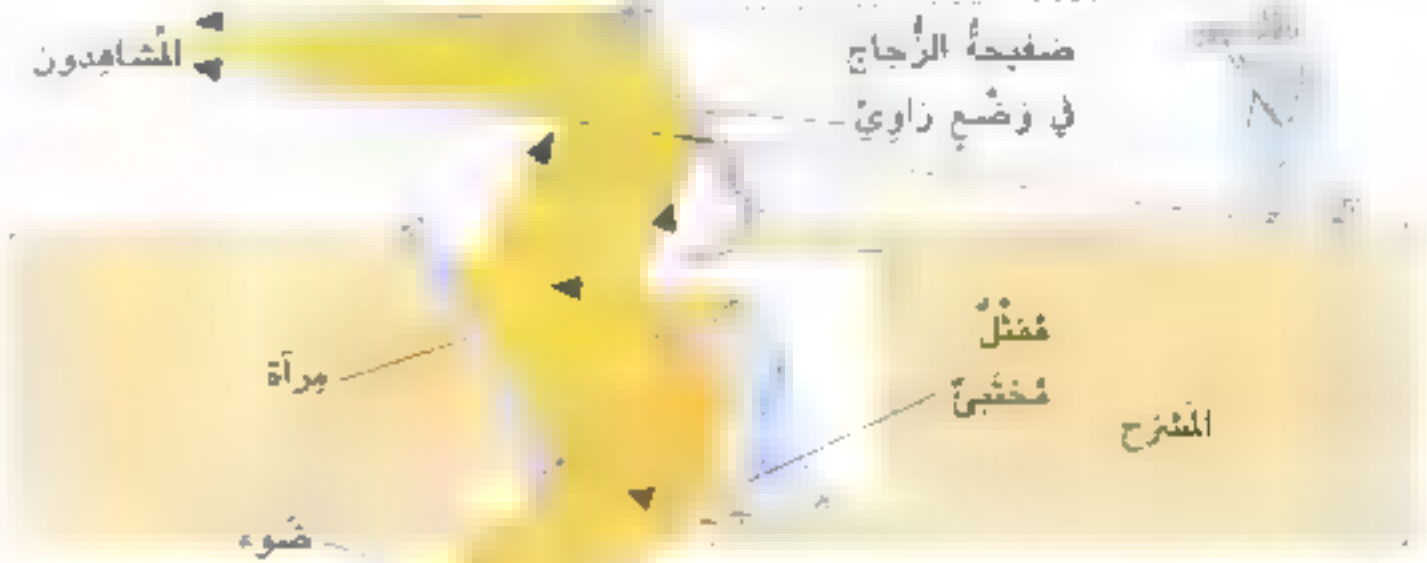
الضوء ينعكس من السطح المنوي  
بزوايا محددة. فالانعكاس  
المرآوي الخرمي ليزرية يكون  
نقطة ناصعة على الشاشة.

صورة منعكسة مصدر ضوئي

## مرايا مزدوجة الاتجاه

نعكس الصفيحة الزجاجية  
حوالي 5% من كمية الضوء  
الساقط عليها، وتنفذ الـ 95%  
الأخرى. وإذا كانت الإضاءة

متماثلة الشدة في كلا جانبيها، تبدو الانعكاسات ضعيفة. أما إذا  
كان أحد الجانبين ساطع الإضاءة والأخر مظلمًا، فيبدو الجانب  
التيّر كالمرآة، إذ لا يوجد ضوء نافذ يطفئ على الانعكاس.  
فالناس في الجانب التيّر يرون انعكاسات أنفسهم كما في مرآة. أما  
الناس في الجانب المظلم فيرون الجانب الآخر، بالضوء النافذ،  
غير صفيحة الزجاج بوضوح.



## طيف شبحي

استخدمت المرايا المزدوجة الاتجاه في مسارح القرن التاسع عشر لغرض صور شبحية.  
فكان الضوء المُسقط على مُفتل مُختل ينعكس على مرآة مائلة نحو صفيحة زجاجية كبيرة  
موازية، ومنها نحو المسرح. فحين يكون المسرح مُغلقًا لا يرى المشاهدون الصفيحة  
الزجاجية، بل يرون أمامهم شبحًا يظهر ويختفي!

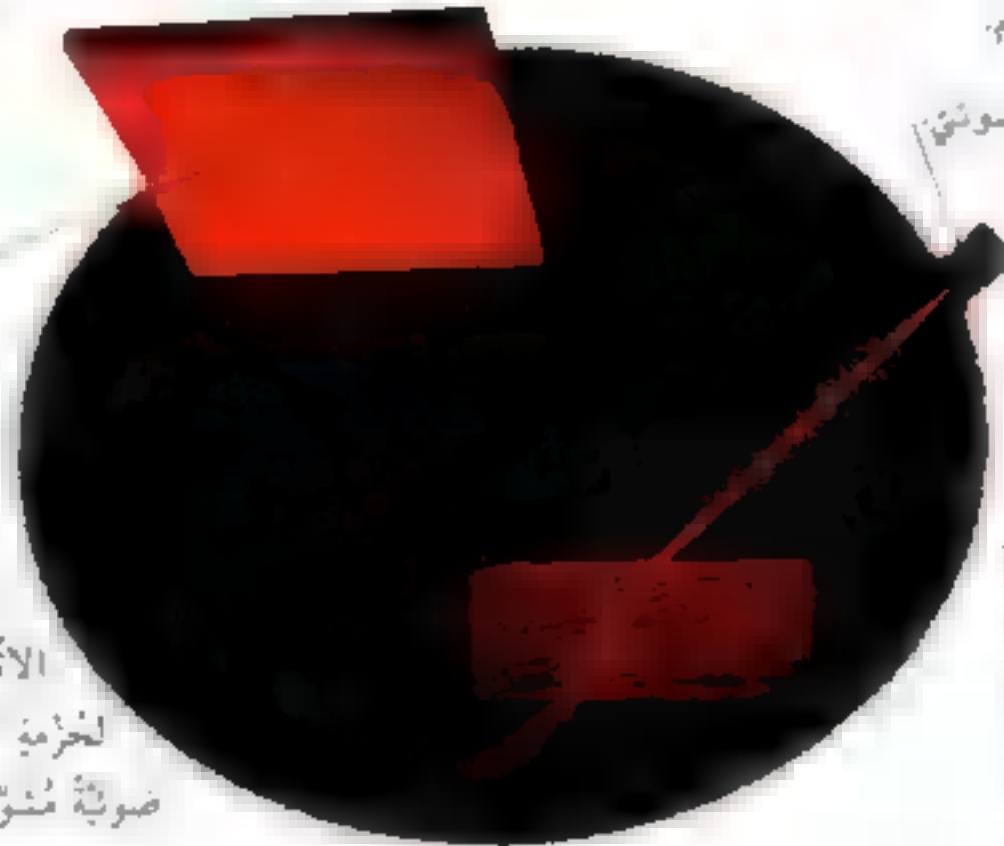


انعكاس  
مرآوي

انعكاس  
انتشاري

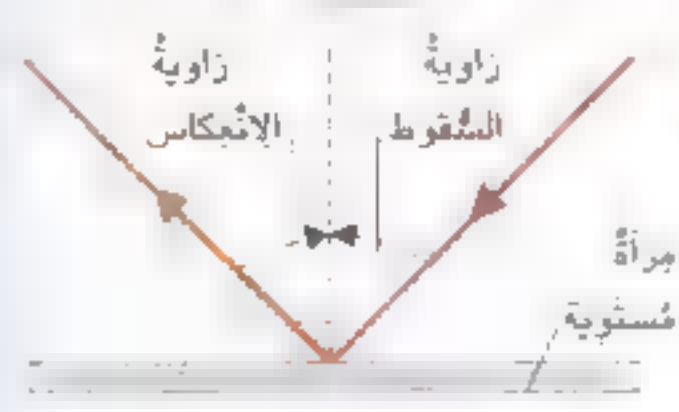
## الانعكاس الانتشاري

السطوح الخشنة تعكس الضوء  
مُتَشِرًا - أي مُنتظِرًا في جميع  
الاتجاهات. فالانعكاس الانتشاري  
لخرم ليزرية يُنتج رُقعة  
ضوئية مُتَوَسِّعة على الشاشة.

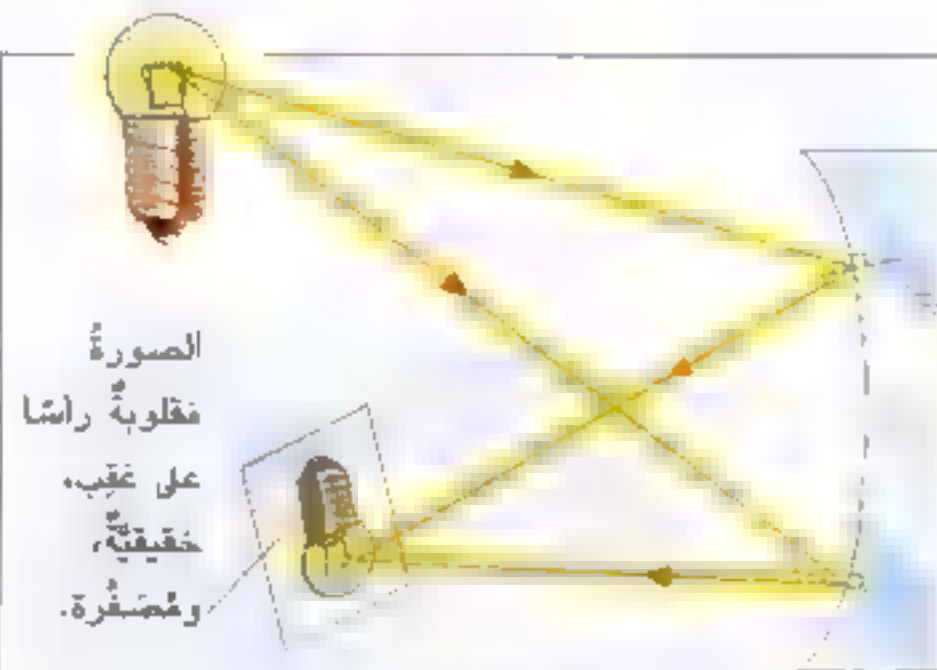


## هندريك لورنتز

استخدم الفيزيائي الهولندي، هندريك  
لورنتز (١٨٥٣-١٩٢٣)، نظرية  
جيمس كلارك ماكسويل عن الأمواج  
الكهرومغناطية لشرح كيفية انعكاس  
الضوء. فأرآى أن الإلكترونات  
تحتض الطاقة الضوئية ثم تبعثها ثانية  
بزوايا جديدة. وتؤكد نظرية لورنتز  
هذه قانون الانعكاس الذي يُمص على  
أن زاوية الانعكاس تُساوي زاوية  
السقوط (أو الارتفاع).



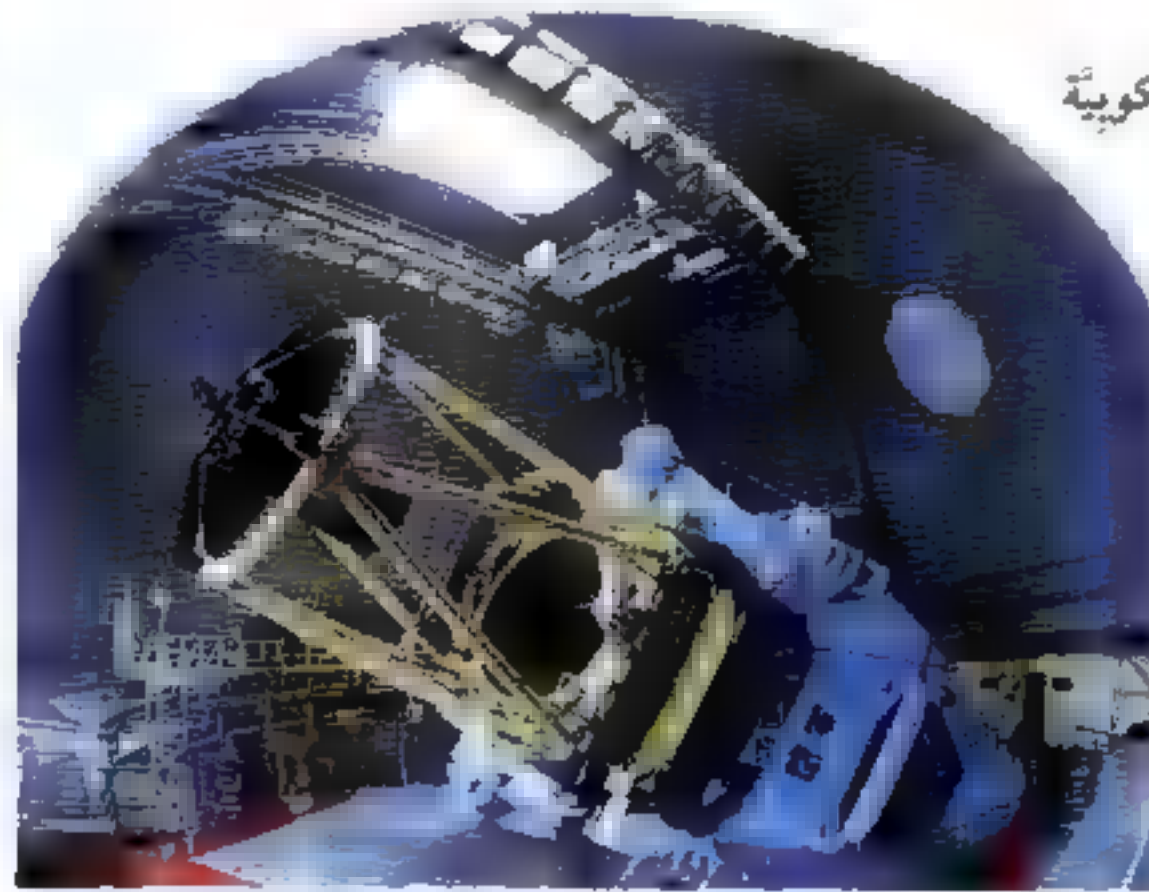




الصورة  
مقلوبة رأساً  
على عقب،  
حقيقية،  
ومضغرة.

### صورة حقيقية في مرآة مقعرة

يمكن تركيز الضوء الوارد من جسم بعيد بمرآة مقعرة وعرض صورته، المقلوبة رأساً على عقب، على بشارة. ويعتمد حجم الصورة على المسافة بين الجسم والمرآة؛ فكلما اقترب الجسم من بؤرة المرآة يزداد حجم صورته.



### المرايا التلسكوبية

نستخدم أضخم التلسكوبات في العالم مرآة مقعرة كبيرة لتجمع ضوء النجوم البعيدة؛ فنلتقط أشعة الضوء المتوازية ونركزها في نقطة واحدة (تسمى البؤرة).

المرآة الرئيسية الكبيرة هي مرآة مقعرة يبلغ طول قطرها عدة أمتار.



### مرآة القيادة

مرآة القيادة مرآة محدبة، سطوحها الضيق مقلوب إلى الخارج كقفا الملعقة. المرايا المحدبة تعكس الضوء لتنتج دائماً صوراً مضغرة وغير مقلوبة. وهذا مفيد إذا أردنا الحصول على مجال رؤية واسع كما في مرآة القيادة. فبذلك يتمكن السائق من رؤية مدى أوسع وأشمل على جانبي السيارة، من مدى المرآة المستوية.

الضوء المنعكس من المرآة المقعرة يوجه إلى مرآة أصغر تعكسه بدورها نحو الكاميرا لتنتج صورة فوتوغرافية أو تلفزيونية.



الأمواج المنعكسة تبدو كأنها آتية من نقطة خلف الحاجز.

حاجز

موجة  
منعكسة



### أمواج تقديرية

يمكن تمثيل الطريقة التي تنتج فيها مرآة مستوية صورة تقديرية بواسطة الأمواج المائية. افترض أن الحاجز مرآة مستوية. فعندما تضربه الأمواج الدائرية تزداد عنه، فتبدو الأمواج المنعكسة كأنها آتية من نقطة خلف الحاجز. ولما كانت هذه الأمواج لا تنطلق فعلاً من تلك النقطة، ندعوها صورة تقديرية.

### المرايا الطريفة

تكون مرايا المعارض المتباينة النفوس صوراً مشوهة قد تكون مخيفة ومسلية في الوقت نفسه. والحقيقة أن المرايا ذاتها هي المشوهة إذ تجعلها سطوحها المتباينة التقعر والتحدب مرايا مقعرة، في مواقع - تجعل الأشياء أكبر، ومحدبة في مواقع أخرى - تجعل الأشياء تبدو أصغر من واقعها. فإذا ما وقفت أمام إحدى تلك المرايا الطريفة، فقد ترى لك جسماً طويلاً رفيعاً وساقين قصيرتين غليظتين، فيما تبدو أجزاء أخرى من جسمك مقلوبة رأساً على عقب.



للصورة غير  
مقلوبة، تقديرية،  
ومكبرة.

### مرآة الجلالة

إذا قربت وجهك من مرآة مقعرة، ينعكس الضوء لينتج صورة مكبرة. لكن إذا ابتعدت عن المرآة، تصبح الصورة مضطربة ثم تظهر ثانية مقلوبة رأساً على عقب ومضغرة. يمكنك مشاهدة مختلف أطياف هذه الظاهرة في السطح المقعر لملعقة ضيقة.



### لمزيد من المعلومات انظر

- الطبقات الكهربائية ص ١٩٢
- القدسات ص ١٩٧
- الآلات البصرية ص ١٩٨
- الضوء والمادة ص ٢٠٠



# الانكسار

يسري الضوء في خطوط مستقيمة؛ لكن عند انتقاله مائلاً من وسط شفاف إلى آخر تنحني أشعته، ويسمى هذا الانحناء انكسار الضوء. ويُفسر هذا لِمَ تبدو قشة الشرب منحنية في كوب ماء عند نقطة دخولها فيه. ويحدث الانكسار نتيجة لبتاين سرعة الضوء في المواد الشفافة المختلفة. أول من تقصى انكسار الضوء رياضياً كان العالم الهولندي فيلبرورد سنيل (١٥٩١-١٦٢٦). يقيس معامل الانكسار (وهو ثابت =  $\frac{\text{جيب زاوية السقوط}}{\text{جيب زاوية الانكسار}}$ ) مقدار انحناء حزمة الضوء عندما تنتقل من مادة إلى أخرى. فبالنسبة للهواء، معامل الانكسار ١ للهواء، ١,٣ للماء وللزجاج ١,٥. فالضوء ينحني أكثر عند انتقاله من الهواء إلى الزجاج مما ينحني عند انتقاله من الهواء إلى الماء، لأن سرعته تبطأ أكثر في الزجاج.



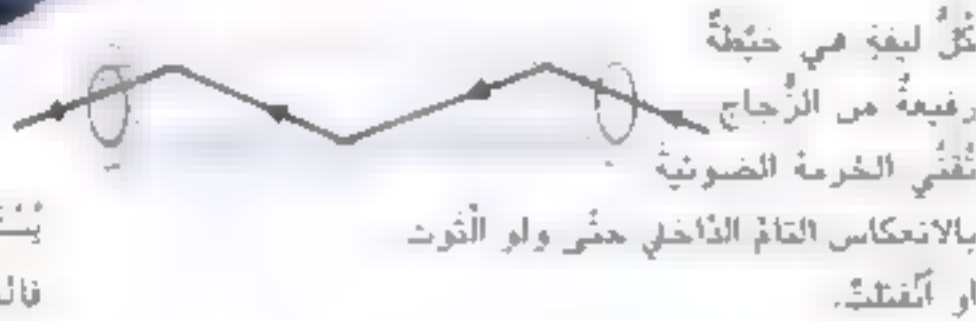
## معامل الانكسار

تتكسر حزمة الليزر المنقطة بزوايا معينة (هي زاوية السقوط) من الهواء إلى كتلة زجاجية لأن سرعة الضوء في الزجاج أقل منها في الهواء. ويحدد معامل الانكسار الثابت للمادة العلاقة بين سرعتين. ففي هذه الحالة، معامل الانكسار للزجاج بالنسبة للهواء هو حاصل قسمة سرعة الضوء في الهواء على سرعته في الزجاج.



## تبدل الاتجاه تبدل السرعة

عندما تنتقل دوائب الشاحنة بزوايا معينة من سطح صلب إلى أرض رطبة متشوشة تبطأ سرعة الدوائب من جانب واحد مسببة انحناء في مسار الشاحنة. وهذا يمثل انكسار الضوء عند انتقاله من الهواء إلى الزجاج.



## المنظار الداخلي

يُنفذ من مبدأ الانعكاس التام الداخلي في القلب. فالمنظار الداخلي، المؤلف من زمرة من الألياف البصرية المرنة، يُستخدم في تنظير داخل الجسم دون الحاجة إلى إجراء عملية جراحية. يسري الضوء مُقنى على طول الألياف بالانعكاسات التامة الداخلية، فيستطيع الطبيب إدخال المنظار غير البعوض والمريء لفحص داخل المعدة.

زاوية السقوط تساوي  
الزاوية الخارجة.

حزمة  
ساقطة



## الانعكاس التام الداخلي

يتميز في الكتلة الزجاجية أعلاه كمية انكسار الضوء عند انتقاله من الزجاج إلى الهواء فتزداد سرعته. فإذا كانت زاوية السقوط صغيرة، تنبثق حزمة الضوء بزوايا أكبر؛ لكن مع تزايد مقدار زاوية السقوط (إلى اليسار)، يزداد انكسار حزمة الضوء أكثر فأكثر. وعندما تبلغ زاوية السقوط حداً مساوياً للزاوية الخارجة، لا يعوذ الضوء ينبثق من الزجاج مُطلقاً - بل ينعكس داخلياً ويعرف هذا بالانعكاس التام الداخلي.

## الأعماق المختلفة

هل لاحظت أن الأحواض والبرك هي دائماً أعمق مما تبدو؟ ذلك لأن انكسار الضوء المنقول من الماء إلى الهواء يجعل قعر الحوض يبدو أقرب إلى الناظر مما هو عليه. يمكنك مشاهدة هذه الظاهرة في كوب الماء أعلاه. فبانكسار الضوء يبدو الزر أقرب إلى سطح الماء.



## الشرب

يحدثنا انحناء الضوء برؤية الأشياء في غير مواقعها. يحدث الشرب بانكسار الضوء في الجو؛ لأن سرعة الضوء أزيد في الهواء الحار الملاصق للأرض من سرعته في الهواء البارد الأعلى. فيتكسر الضوء في مسار مقوّس، مُنتجاً صورة زائفة لجسم بعيد. والشرب يكثر في الصحاري حيث الهواء حار جداً.

أشعة الضوء  
المنحنية

تتكسر أشعة الضوء من  
الزر عند انتقالها من الماء  
إلى الهواء. وانت ترى  
الزر على استقامة الأشعة  
المنكسرة - أقرب إلى  
سطح الماء.

تنكسر حزمة الضوء  
انعكاساً تاماً داخلياً.

ضوء من  
جسم  
بعيد

هواء بارد

هواء دافئ

تبدو  
الصورة هنا.

## لزيادة من المعلومات انظر

- الصوت والضوء ص ١٧٧
- الانعكاس ص ١٩٤
- الألوان ص ٢٠٢
- الإبصار ص ٢٠٤
- حقائق ومعلومات ص ٤١٢



# الْعَدَسَات

إنحناء الضوء عند انتقاله من الهواء إلى الزجاج حقيقة يمكن الاستفادة منها. فالعدسات هي قطع من الزجاج أو اللدائن الشفافة مُشكَّلة خصيصاً لتركيز الضوء وتكوين الصور وتكبير أو تصغير مشهد يحني الضوء الساري عبرها. ويَطرِدُ تَرَوِي العدسة باتجاه أطرافها، فقد تكون أسمك أو أرق في المركز منها في الأطراف. ويحدد شكل العدسة ما إذا كان انحناء الضوء المارَّ عبرها نحو نقطة وحيدة - هي بؤرة العدسة - أو بعيداً عنها. وفي كل من عيني الإنسان عدسة طبيعية تركز بها المشاهد، كما تفعل أنت الآن للتركيز على هذه الكلمات.



عدسة فريزيل

ابتكر الفيزيائي الفرنسي، أوغسطين فريزيل (1788-1827)، عدسة بوائها سلسلة من الخلفات الزجاجية. وهذه العدسات لا تصلح لتكوين الصور لأنها تشوه كثيراً، لكنها جيدة جداً لتركيز حزم الضوء. لذا تُستخدم غالباً في المنارات والمصابيح الأمامية للسيارات وفي أجهزة الإسقاط.

صورة  
تقديرية مكبرة

جسم

عدسة

صورة

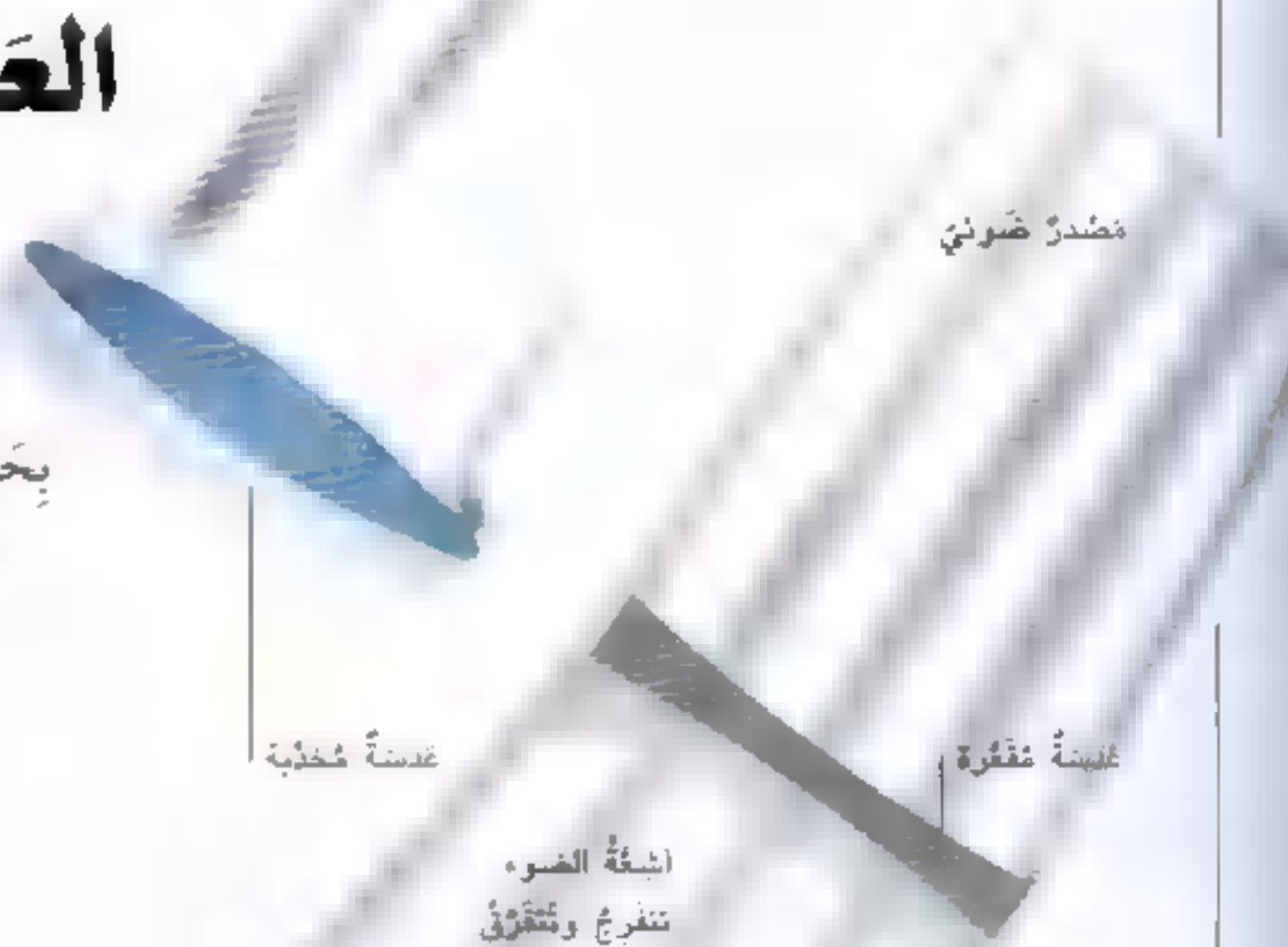
تقديرية مكبرة

## العدسة المكبرة

يبدو الأجسام أكبر مما هي بكثير عندما ينظر إليها من خلال العدسة المحدبة في العدسة المكبرة. ويتسع مسار الأشعة الضوئية خلال العدسة تبين كيفية إنتاجها صورة تقديرية مكبرة للجسم. ويعتمد مقدار التكبير على البعد البؤري للعدسة. فكلما قصر البعد البؤري، بازدياد سماكة العدسة، تصبح العدسة أقوى.

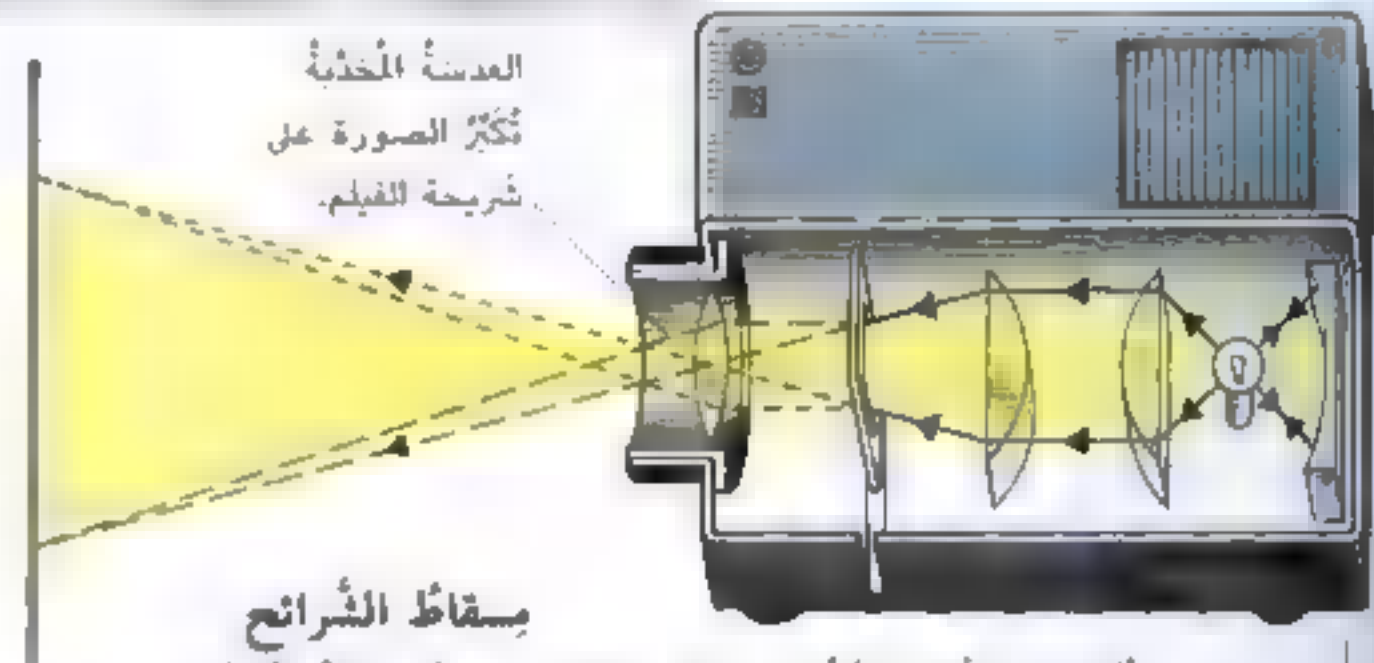
### لمزيد من المعلومات انظر

- المكتورات ص ١٠٠
- الزجاج ص ١١٠
- الآلات البصرية ص ١٩٨
- الإنصاف ص ٢٠٤
- التصوير الفوتوغرافي ص ٢٠٦



## العدسات المحدبة والمقعرة

العدسة الأسمك في وسطها منها في أطرافها عدسة محدبة. وهي تجمع أشعة الضوء المتوازية المارة عبرها وتركزها في نقطة هي بؤرتها. أما العدسة الأسمنك في أطرافها منها في وسطها فهي عدسة مقعرة. وهي تفرق أشعة الضوء المتوازية المارة عبرها ليشدوا كما لو أنها صادرة من بؤرة تقديرية في الجانب الآخر منها.



### إسقاط الشرائح

تنتج العدسة المحدبة في جهاز الإسقاط صورة حقيقية مكبرة للشريحة. والصورة حقيقية لأن الضوء يتركبها فعلاً، كما يمكن عرضها على ستارة. وهي مقلوبة (رأساً على عقب)، لذا يجب وضع الشريحة الفيلمية مقلوبة في المنقاط كي تعرض الصورة قائمة على الستارة.

## أنطوني فان ليفينهوك

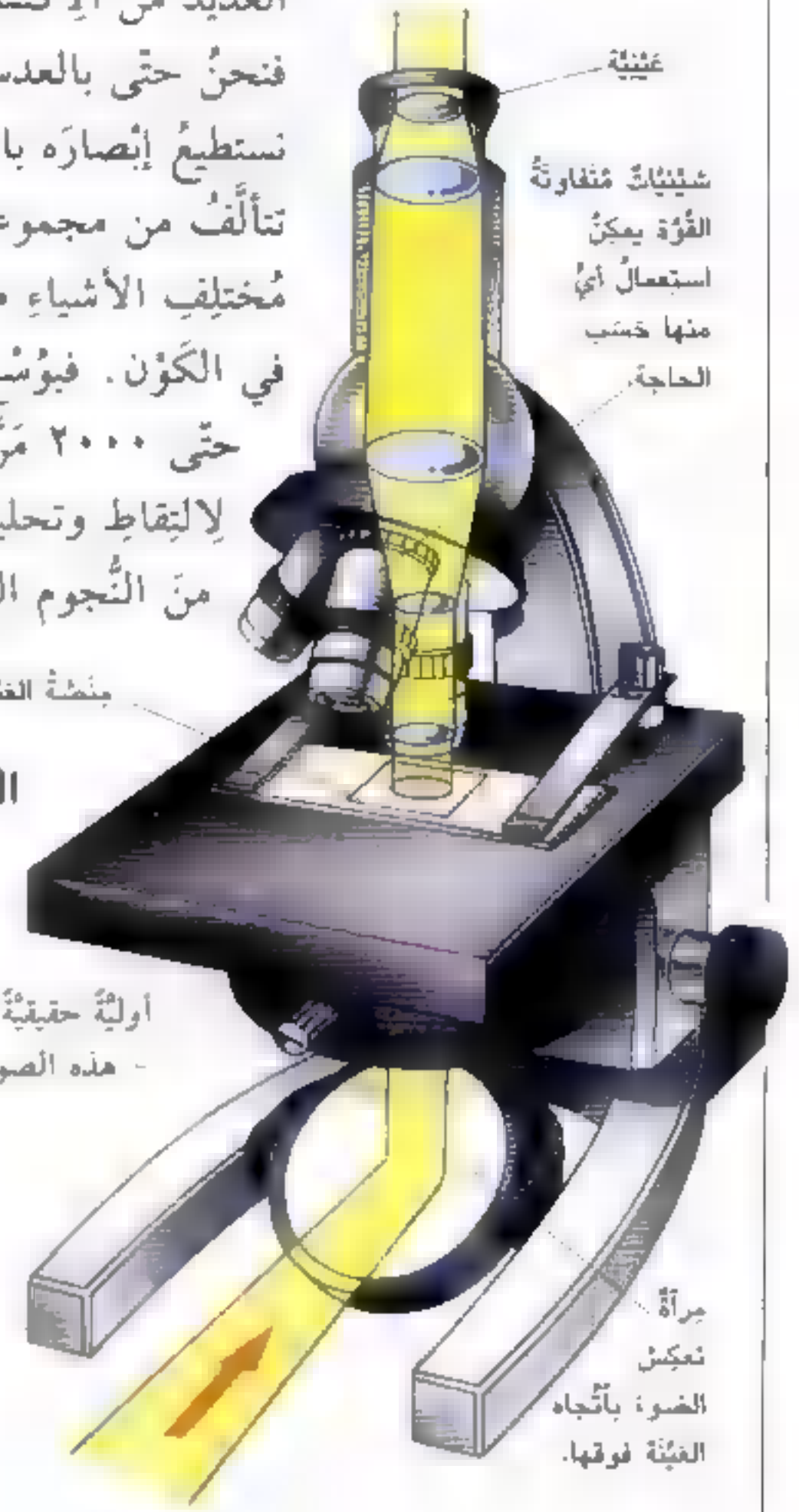
المجهز البدائي الذي صنعه الهولندي أنطوني فان ليفينهوك (١٦٣٢-١٧٢٣)، جعل دراسة البكتيريا وخلايا الدم أمراً ممكناً للمرة الأولى في تاريخ العلم. وقوام هذه البنية البسيطة عدسة قوية، شُكِّلَتْ من بلور زجاجية، مركبة على صفيحة معدنية.





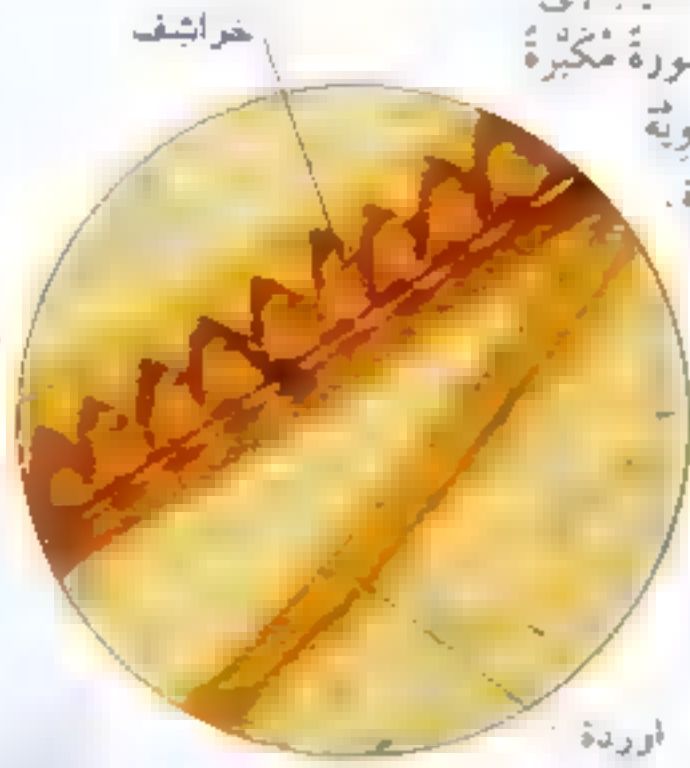
# الآلات البصرية

العديد من الاكتشافات الرائعة تم من خلال عدسات الآلات البصرية. فنحن حتى بالعدسة المكبرة البسيطة نرى تفاصيل الأشياء أكثر بكثير مما نستطيع إحصاره بالعين المجردة. أما الآلات البصرية المتطورة - التي تتألف من مجموعات مرايا وعدسات - فقد مكنتنا من دراسة وتقصي مختلف الأشياء من أصغر المتعضيات الحية إلى أقصى الأجسام بعدا في الكون. فبوسع المجهر (الميكروسكوب) الضوئي تكبير الأشياء حتى ٢٠٠٠ مرة؛ كما يمكن استخدام المقراب (التلسكوب) لالتقاط وتحليل الضوء من أجسام فلكية أبعد مليون مرة من أي من النجوم التي نراها في السماء ليلا.



## الميكروسكوب المركب

يُكَبِّرُ الميكروسكوب المركب الأشياء على مرحلتين. تعكس المرآة الضوء غير الغنيمة إلى شئية قوية - العدسة السفلية - تكون صورة مكبرة أولية حقيقية للغنيمة. ثم تتلقى الغنيمة - العدسة العلوية - هذه الصورة فتكبرها ثانية، كما العدسة المكبرة.



## منظار ثنائي الغنيمة

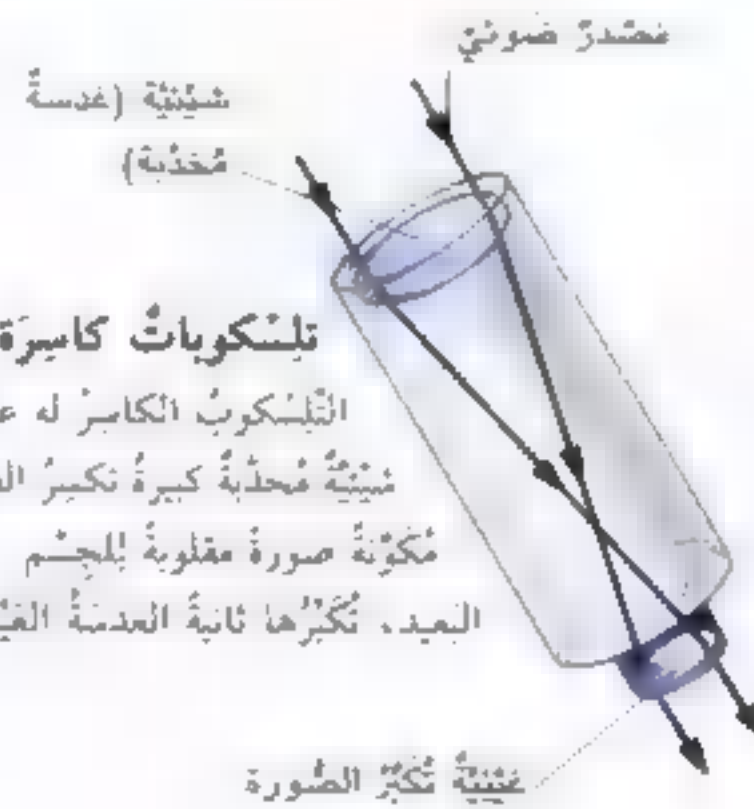
يتألف المنظار الثنائي الغنيمة من تلسكوبين (مقرابين) كامرين يحوي كل منهما شئية وغنيمة تكوّنان صورة أكبر وأوضح بكثير للجسم المنظور من بعد.

## صورة مجهرية

عندما يُكَبَّرُ جناح رثبوز ٥٠ مرة، تظهر الحراشف والأوردة واضحة التفاصيل. هذه الصورة أُخذت عبر عدسات مجهر مركب.

## التلسكوبات المهمة

- ١٧٨٩ تلسكوب وليم هرشل، إنكلترا، قطر مرآته ١.٢٣ متر
- ١٨٤٥ تلسكوب لورد روس، إيرلندا، قطر مرآته ١.٨٣ متر
- ١٩١٧ تلسكوب جبل ويلسون، كاليفورنيا، قطر مرآته ٢.٥٤ متر
- ١٩٤٨ تلسكوب هيل العاكس، بالمومار، كاليفورنيا، قطر مرآته ٥ أمتار
- ١٩٧٦ تلسكوب جبل ميجرودريكي، قطر مرآته ٦ أمتار
- ١٩٩٢ تلسكوب كك، هاواي، قطر مرآته ١٠ أمتار



## تلسكوبات عاكسة

معظم التلسكوبات الفلكية الحديثة هي تلسكوبات عاكسة ذات مرايا مفقورة كبيرة تجمع الضوء وتركزه في بؤرتها - فيما تعكس مرآة ثانية الضوء باتجاه الغنيمة أو الكاميرا.



## تلسكوب هرشل

هذا التلسكوب العاكس، بقطر ٤.٢ متر، الذي يحمل اسم وليم هرشل، يحوي كاميرات وحواسيب إلكترونية تسجل وتحلل ضوء النجوم. وقد شيد في جوف جبال لابالما الصافي في إحدى جزر الكناري مقابل الساحل الشمالي الغربي للقارة الإفريقية.

## لمزيد من المعلومات انظر

- الانعكاس ص ١٩٤
- الانكسار ص ١٩٦
- العدسات ص ١٩٧
- علم الفلك ص ٢٩٦
- التلسكوبات الأرضية ص ٢٩٧
- تلسكوبات الفضاء ص ٢٩٨



# الليزر

أضواء الليزر بأشعتها الحزمية غدت من المشاهد المألوفة في حفلات الرقص والغناء الشعبية. لكن استخدام أشعة الليزر يتجاوز مجالات الترفيه والتسلية، إلى مجالات علمية وعملية عديدة تشمل جراحة العين، والمساحة، وقطع الفولاذ، ونقل الإشارات التلفزيونية والحاسوبية عبر الألياف البصرية، وقراءة المعلومات والرموز من شفرات الأعمدة التسعيرية والأسطوانات المدمجة. الخاصية المميزة لضوء الليزر والتي توهله لمختلف استخداماته هي ترابطه واتساقه (انتظامه). فالأمواج الضوئية العادية مخلطة وغير منتظمة، لكن أمواج الليزر متساوقة منتظمة، كصفوف الجند في مسيرة عسكرية. لذا يمكن توجيهها بحزم قوية أكثر نضوعاً وأدق توازياً من الضوء من مصادر أخرى.

يمكن إنتاج ضوء الليزر محثد الجوامد أو السوائل أو الغازات بالطاقة. ويعتمد لون الضوء الليزري الناتج على نوعية العناصر المتواجدة في المادة.



**المحاسبة الشريعة في المتاجر الكبرى**  
تقرأ البيانات الحاسوبية المرسلة في شفرة الأعمدة الشعرية على مشريباتك بضوء الليزر المنعكس. وتضغ الليزر في فارتات هذه الشفرات حالاً من أشياء الموضلات، لأنها تستهلك قدرة أقل بكثير من ليزر مزيج الهليوم والنيون التي كانت تستخدم في مكاتب سابقة.



## تيودور ميمان

طور جوزفون جاوود

فكرة الليزر عام

١٩٥٧، وهي فكرة

تعتمد على نظريات ألبرت

آينشتاين في طبيعة الضوء.

وضمم تيودور ميمان (من مواليد

١٩٢٧) أول ليزر عملي عام ١٩٦٠.

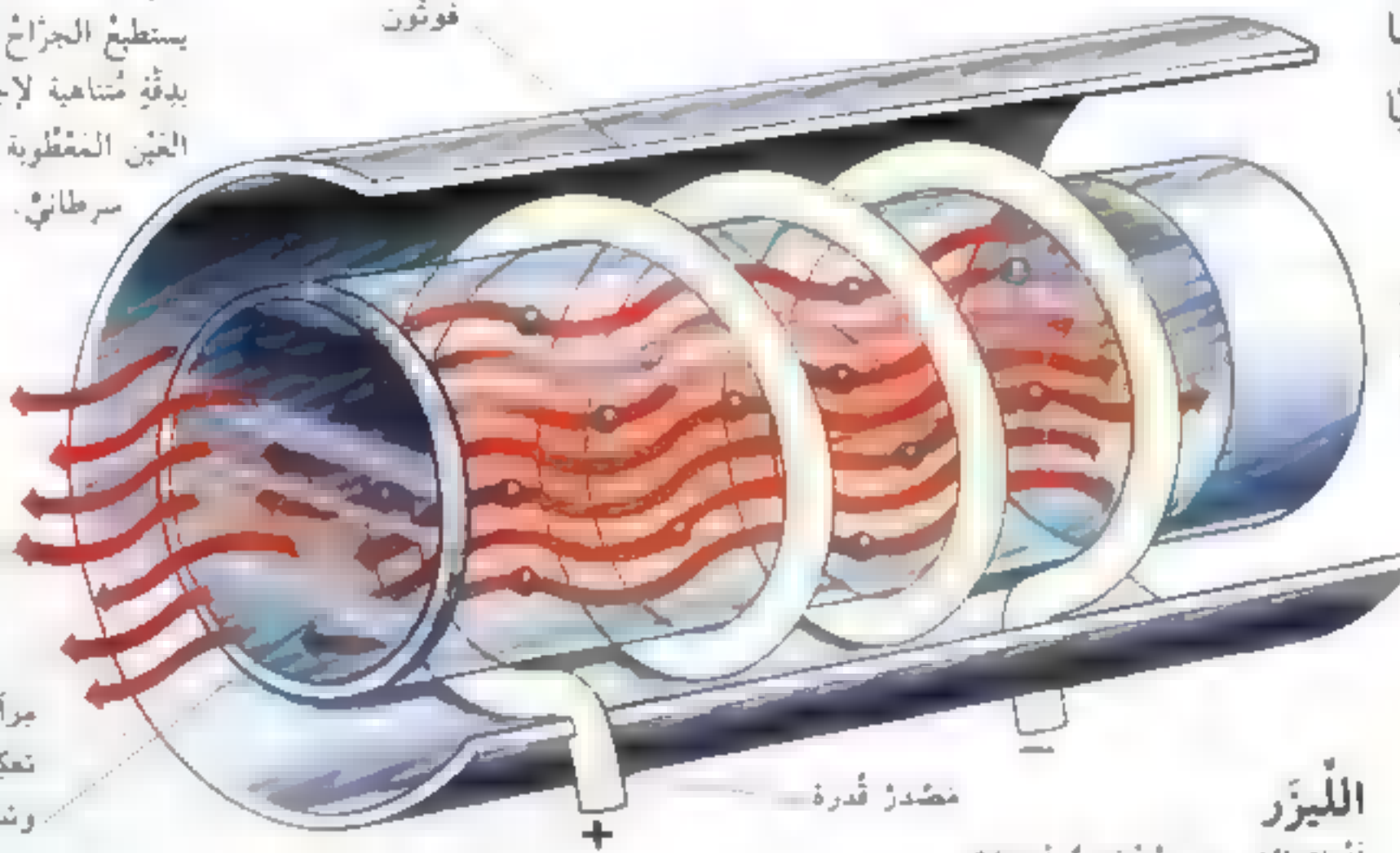
جهاز ميمان ولد ضوء الليزر بتزويد بلورة ياقوت بالطاقة من أنبوب ومضض. وقد حقق ليزر ميمان إنجازاً مهماً رغم أنه لم يتجاوز البضع سنتيمترات طولاً.



## الجراحة الليزرية

يستطيع الجراح التحكم في حزم الليزر بدقة متناهية لإجراء قشر دقيق في سطح العين المقطوعة أو لشفح خلايا ورم سرطاني.

حزمة الليزر  
قوية ومركزة  
الدقة.  
فوتون



## الليزر

لفظة ليزر هي مختصر أوائل

لما معناه تضخيم الضوء بأشعاع المنشط؛ ويمكن شرح ما يجري ضمن جهاز الليزر بأن الطاقة المنبعثة من أنبوب ومضض أو من تيار كهربائي تنشط أو تنير ذرات مادة الليزر. فتنبعث بعض الذرات فوتونات؛ وهذه بدورها تستثير ذرات أخرى لتنبعث فوتونات في الاتجاه نفسه. وتطلق الفوتونات متوازية جنة وذهاباً بين المرايا في جانبي الأنبوب.

الهولوغرام صورة مجسمة  
(ثلاثية الأبعاد) تؤخذ بضوء  
الليزر. ويمكنك الدوران حول  
الصورة لمشاهدتها  
من الجانب الآخر.

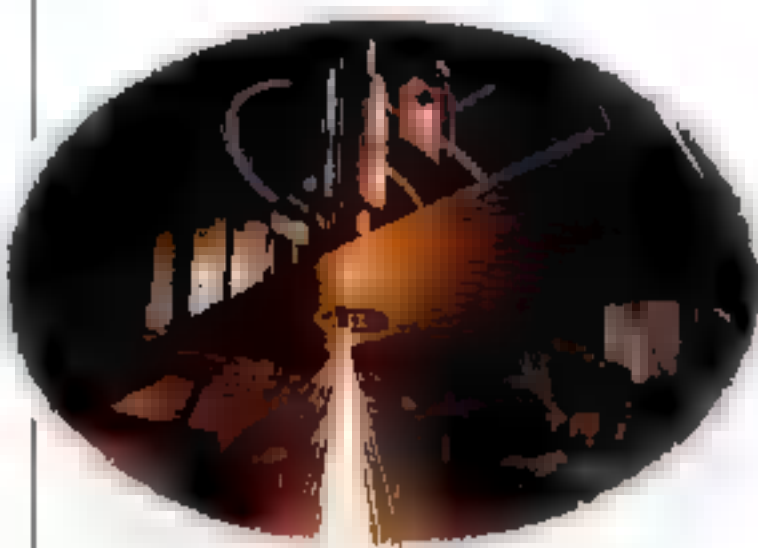


## الصورة

## المجسمة

(الهولوغرامية)

تؤخذ الصورة العادية بواسطة مجموعة واحدة من الأمواج الضوئية تنعكس من الجسم إلى الفيلم. لكن بفضل أنظمة ضوء الليزر الفائقة، يمكن نقله إلى مجموعتين موجيتين لإنتاج صورة مجسمة. إحدى المجموعتين تنعكس مباشرة من الجسم، أما المجموعة الأخرى فتصل الفيلم من اتجاه مختلف دون المرور بالجسم. وحيث تلتقي المجموعتان الموجيتان يتج نمط تداخلي يسجل على الفيلم. فإذا أثيرت الصورة الهولوغرامية بالشكل الصحيح تدور مجسمة ثلاثية الأبعاد.



## الليزر الصناعية

تقطع الليزر العالية القدرة صفائح الفولاذ السمكة بالشهولة التي تقطع فيها سكين ساجنة قطعة من الزبد. والليزر بالغ الأهمية أيضاً في المساحة، لأن حزمها تشري في خط مستقيم بغاية الدقة. وقد تم تخطيط مسار نفق القناة الإنكليزية بين فرنسا وإنجلترا بواسطة الليزر.

## لمزيد من المعلومات انظر

- أشياء الفيزياء ص ٣٩
- الغازات الثيلة ص ٤٨
- السرعة ص ١١٨
- الكهرباء التيارية ص ١٤٨
- الصوت والضوء ص ١٧٧
- الضوء ص ١٩٠



# الضوء والمادة

يَقْتَمُّ لَوْنُ عَدَسَاتِ النُّظَارَاتِ  
الْفُوتُوئِكْرُومِيَّةِ عِنْدَ تَقَرُّبِهَا  
لِضَوْءِ الشَّمْسِ السَّاطِعِ.



## الرُّجَاجُ الْفُوتُوئِكْرُومِي

فِي الضَّوِّءِ الْخَافِئِ يَبْدُو  
الرُّجَاجُ الْفُوتُوئِكْرُومِي شَفَافًا

تَقْرِيبًا، لَكِنَّهُ يُصْبِحُ قَاتِمًا عِنْدَمَا يَتَعَرَّضُ لِضَوْءِ سَاطِعٍ.  
فَالطَّاقَةُ الضَّوِّيَّةُ تُغَيِّرُ بَنِيَّةَ بَعْضِ جُزْئِيَّاتِ الرُّجَاجِ  
فَتَمْتَصُّ ضَوْءًا أَكْثَرَ. وَهَذِهِ الْخَاصَّةُ عَكُوسَةٌ - فَبِ  
الظَّلِّ يَعُودُ الرُّجَاجُ إِلَى صِفَاتِهِ.

## الْأَجْسَامُ الشَّافَّةُ وَالشَّفَّةُ وغير الشفافة

الْمَوَادُّ الْعَادِيَّةُ تَتَأَثَّرُ بِالضَّوِّءِ بِطَرِيقٍ مُخْتَلِفَةٍ.  
فَالشَّافَّةُ مِنْهَا تُنْفِذُ كُلَّ الضَّوِّءِ السَّاطِعِ عَلَيْهَا  
تَقْرِيبًا، وَالشَّفَّةُ (شَبْهُ الشَّافَّةِ) تُنْفِذُ الضَّوِّءَ  
مُسْتَطَارًّا فِي شَتَّى الْأَتِجَاهَاتِ بِجُزْئِيَّاتٍ دَقِيقَةٍ  
دَاخِلِهَا، أَمَّا الْمَوَادُّ غَيْرُ الشَّافَّةِ فَلَا تُنْفِذُ  
الضَّوِّءَ، بَلْ تَعْكِسُهُ أَوْ تَمْتَصُّهُ.



تُنْفِذُ الْمَادَّةُ الشَّفَّةُ  
(شَبْهُ الشَّافَّةِ)  
الضَّوِّءَ، لَكِنَّهُ يَسْتَبْطِرُ  
دَاخِلَهَا فَيَبْدُو لَبَنِيَّةَ اللَّوْنِ.

تُنْفِذُ الْمَادَّةُ الشَّافَّةُ مُعْظَمَ الضَّوِّءِ  
السَّاطِعِ عَلَيْهَا، وَيَعْكِسُ الْقَلِيلَ  
مِنْهُ - وَهَذَا مَا يَجْعَلُنَا نَرَى  
سَطْحَ الرُّجَاجِ.



## التَّفَلُّورُ

بَعْضُ الْكِيمَاوِيَّاتِ يَمْتَصُّ الضَّوِّءَ فَوْقَ الْبَنَفْجِي  
ثُمَّ يُظَلِّلُ الطَّاقَةَ ضَوْءًا مَرْتَبًا وَيَعْرِفُ هَذَا  
بِالتَّفَلُّورِ. هَذِهِ الْكِيمَاوِيَّاتُ يُمْكِنُ اسْتِخْدَامُهَا فِي  
صُنْعِ الْمَلَابِسِ وَالذِّهَانَاتِ، وَأَقْلَامِ التَّلْوِينِ وَحَتَّى  
مُسْتَحْضِرَاتِ التَّجْمِيلِ «الْمُتَوَهِّجَةِ». يَضَعُ مُصَنِّعُو  
سَاحِقِي الْفِيلِ كِيمَاوِيَّاتٍ فَلُورِيَّةً فِي الْمُنْتَظَفَاتِ كَيْ  
يَبْدُو الْمَلَابِسُ الْبَيْضَاءُ أَكْثَرَ بَيَاضًا فِي ضَوْءِ الشَّمْسِ.



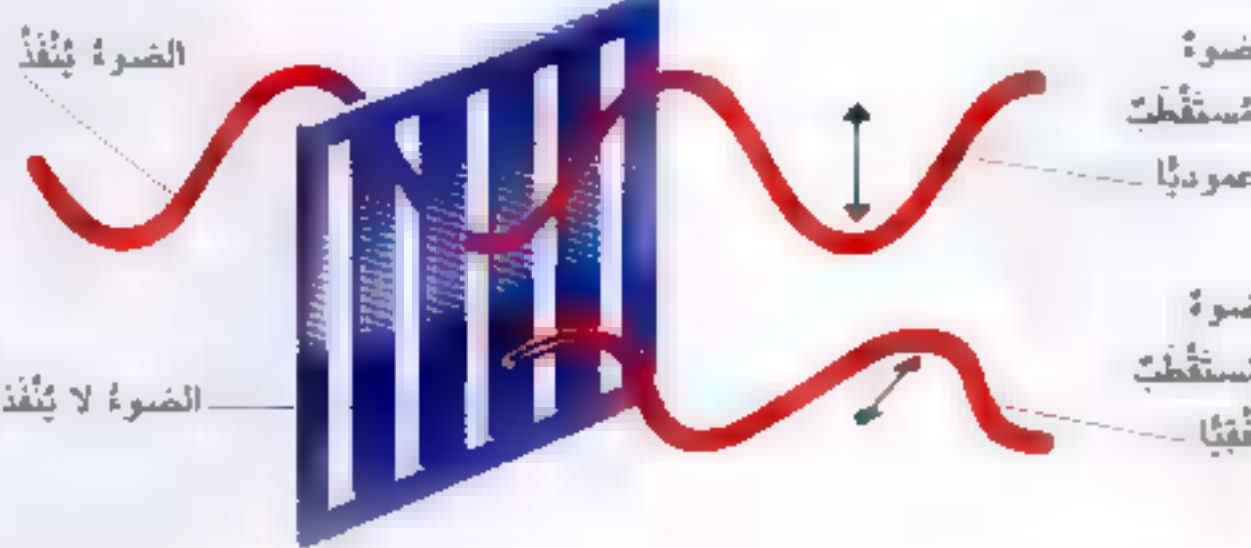
## زُرْقَةُ السَّمَاءِ

هَلْ تَسَاءَلْتِ يَوْمًا لِمَ يَبْدُو السَّمَاءُ  
زُرْقَاءَ؟ السَّبَبُ هُوَ أَنَّ جُزْئِيَّاتِ  
الْغُبَارِ الدَّقِيقَةِ وَبُخَارِ الْمَاءِ فِي الْجَوِّ  
تَسْتَطِيعُ (تُسْتَنَّتْ) ضَوْءَ الشَّمْسِ  
الْأَزْرَقِ، ذَا الطَّوْلِ الْمَوْجِيِّ  
الْقَصِيرِ، بِشِدَّةٍ أَكْثَرَ مِمَّا تَسْتَطِيعُ  
الضَّوِّءُ الْأَحْمَرُ ذَا الطَّوْلِ الْمَوْجِيِّ  
الْأَطْوَلَ. أَمَّا حِينَ نَنْظُرُ فِي أَتِجَاهِ  
مَغِيبِ الشَّمْسِ عِنْدَ الْغُرُوبِ، فَإِنَّا  
نَرَى ضَوْءَ الشَّمْسِ الْمُخَمَّرَ  
الْمُسْتَطَارَّ (غَيْرَ الْمُسْتَنَّتِ).



## الِاسْتِغْطَابُ

أَمْوَاجُ الضَّوِّءِ مُسْتَعْرِضَةٌ، تَتَذَلَّبُ  
مُتَعَامِدَةً مَعَ أَتِجَاهِ مَسَارِهَا. النُّظَارَاتُ  
الشَّمْسِيَّةُ الْمُسْتَغْطَبَةُ تُنْفِذُ فَقْطَ الضَّوِّءِ  
الْمُتَذَلَّبِ رَاسِيًا، وَهِيَ بِأَمْتِصَاجِهَا  
الضَّوِّءَ الْمُسْتَغْطَبَ أَفْقِيًا تُسَاعِدُ فِي  
تَخْفِضِ الْهَرَمِ.



الضَّوِّءُ يُنْفِذُ

الضَّوِّءُ لَا يُنْفِذُ

## لِمَزِيدٍ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ انْظُرِي

- الصَّوْتُ ص ١٧٨
- الْقَلِيفُ الْكَهْرَبِمَنْطَبِصِي ص ١٩٢
- الْإِنْعِكَاسُ ص ١٩٤
- الْإِنْعِكَاسُ ص ١٩٦



# الظلال

تتكوّن الظلال لأن أشعة الضوء تسري في خطوط مُستقيمة فلا تلتفّ حول الأجسام اللاشفافة التي تعترض مسارها. وتعتمد حِدّة معالم الظل على المصدر الضوئي؛ فالمصدر النقطي يُلقي ظلالاً مُحَدَّدة المعالم، أما المصدر الممتد (اللانقطي) فيُلقي ظلالاً غير واضحة المعالم. والشمس بحكم بُعدها القاصي تبدو كمصدر نقطي تقريباً؛ والظلال التي تلقيها هي ظلال مُحَدَّدة المعالم. أما المصدر الضوئي الأكثر امتداداً كأنبوب إنارة فلوري فيُلقي ظلالاً أقل وضوحاً. ولعلّ أكثر مشاهد الظلال روعةً هو كسوف الشمس أو خسوف القمر.



## المزولة الشمسية

يتحرك الظل الذي تُلقه المزولة الشمسية تبعاً لحركة الشمس الظاهرية عبر السماء، ويُستخدم هذا التحرك في تحديد الوقت. وقد استخدمت أولى المزاول الشمسية في الصين منذ أكثر من ٤٠٠٠ سنة، وكانت تتألف من عمود رأسي بسيط.

## الظلال

الشمس لا تُلقي ظلالاً حين تكون في سمت الرأس عند الظهيرة. نكنّ عندما نغدو اخفض، تستطيل الظلال حتى تصبح أطول من الأجسام التي تُسببها. هناك فئمان للظل الذي تُلقيه الشمس: هما شويداء الظل وشبه الظل. فشويداء الظل هي المنطقة التي يخجّب فيها الجسم جميع أشعة الشمس. أما شبه الظل فهي المنطقة التي يخجّب فيها الجسم الضوء الذي من بعض أقسام الشمس وليس من أقسامها الأخرى.

شبه الظل خسوف جزئي

الأرض

القمر

الشمس

شويداء الظل  
كسوف كلي



## الكسوف

في أثناء الكسوف، يمر القمر (وهو في المحاق) بين الشمس والأرض فيُلقي ظلاً ضحياً على جزء من سطح الأرض في مناطق شبه الظل يكون الكسوف جزئياً؛ أما في شويداء الظل، فيغيب النهار، كأنه ليل، بضع دقائق لاحتجاب الشمس تماماً.

شبه الظل

شويداء الظل

القمر

الأرض

الشمس

شويداء الظل

شبه الظل

## الخسوف

أحياناً تمرّ الأرض بين الشمس والقمر (في ليلة تمامه) فتخجبه بظلالها، ويُعرف هذا بالخسوف. في مركز الخسوف يخجّب القمر عن الرؤية فترة تزيد على ساعة. وفي أثناء الخسوف يمكن مشاهدة ظل الأرض يتحرك على سطح القمر.



## الكسوف والخراقات

قديماً، وقبل الاكتشافات العلمية المبنية، كان الكسوف حدثاً مخيفاً. صورته الحضارات القديمة كأن غولاً هائلاً يتلغ الشمس لكن مع تقدّم العلم، وحفظ السجلات الفلكية، توضح أنّ الكسوف أو الخسوف هما حدثان مُنظمان بحيث يمكن التنبؤ بزمن حدوثيهما.

## هالة الشمس

في الكسوف الكلي لا يرى من الشمس إلا هالة إكليلية خافتة. ويستهزئ العلماء فرصة هذا الحدث لدراسة نشاط الغازات في هذه الهالة. كذلك فإنّ الشوْط (الشراطات)، التي لا تُرى عادةً، بتأثير نور الشمس الغامر، تُشاهد عند الكسوف مُستديئة فوق سطح الشمس.

## لزيد من المعلومات انظر

- الضوء ص ١٩٠
- الضوء والمادة ص ٢٠٠
- الشمس ص ٢٨٤
- القمر ص ٢٨٨
- علم الفلك ص ٢٩٦



# الألوان

تَحْيَلُ عَالَمًا كُلُّ شَيْءٍ فِيهِ بِلَوْنٍ ضَوْءِ النَّهَارِ - أبيض. إِنَّ الحياةَ فِيهِ ستكونُ رَتِيبةً مُعَلَّةً ولا شِكَّ. فَمِنْ حُسْنِ الحَظِّ أَنَّ عَالَمَنَا مُشْرِقٌ نَاصِرٌ بِالألوانِ البَهِيجَةِ المُتَوَعَّة. وَتَسْتَطِيعُ عُيُونُنَا، بِتَرَكيبِهَا الرائعِ، تَمييزَ الأطوالِ المَوْجِيَّةِ المُخْتَلِفَةِ للضوءِ المَنْظُورِ كألوانٍ مُخْتَلِفَةٍ. فَكُلُّ طَوِيلٍ (أو جَمِيعَةٍ أطوالٍ) مَوْجِيَّةٍ ضَوْئِيَّةٍ هُوَ (أو هِيَ) لَوْنٌ مُعَيَّن. وَأَطْوَلُ هَذِهِ الأطوالِ المَوْجِيَّةِ المَرْتَبِيَّةِ هُوَ الضَّوُّءُ الأحمرُ؛ وَأَقْصَرُهَا هُمَا الأزرقُ والبَنَفْسَجيُّ. فَإِذَا مُزِجَتْ كَمِيَّاتٌ مُتساوِيَةٌ مِنْ جَمِيعِ أطوالِ الضَّوِّءِ المَوْجِيَّةِ مَعًا، نَكُونُ النَتِيجَةُ ضَوْءًا أبيضًا. يَعتَقِدُ العُلَمَاءُ أَنَّ الكَثِيرَ مِنَ الحَيَوَانَاتِ لَا يَسْتَطِيعُ تَمييزَ الأطوالِ المَوْجِيَّةِ المُخْتَلِفَةِ، فَهِيَ تَعِيشُ فِي عَالَمٍ لَا تَعْرِفُ اللَوْنَ فِيهِ.

ضوء الشمس مزيج من جميع الأطوال  
الموجية من الأمواج الأطول للضوء  
الأحمر حتى أقصرها للضوء البنفسجي.

الضوء الأبيض مزيج  
أطوال موجية من  
مختلف أجزاء  
الطيف.

## ألوان قوس القزح

يُمْكِنُ رُؤْيَا الألوانِ المُخْتَلِفَةِ الَّتِي تُؤَلَّفُ الضَّوُّءُ الأبيضُ عِنْدَمَا يَفْلِقُ مَوْشُورَ خُزْمَةٍ مِنَ الضَّوِّءِ، كَاسِرًا الأطوالِ المَوْجِيَّةِ المُخْتَلِفَةَ بِمَقَادِيرٍ مُتفاوتَةٍ، يُفَرِّقُهَا إِلَى طَيفٍ نَسْتَطِيعُ رُؤْيَا. الضَّوُّءُ الأحمرُ، الأكثرُ طَوِيلًا مَوْجِيًّا، هُوَ الأقلُّ انْكِسَارًا؛ واللَوْنُ البَنَفْسَجيُّ، الأقْصَرُ طَوِيلًا مَوْجِيًّا، هُوَ الأكثرُ انْكِسَارًا.

الموشور يفلق  
الضوء الأبيض ويفرقه  
إلى مقوماته اللونية.

يَتَّبَعُ قُضْبَتِ مِنَ الفولاذِ  
المُخْنَى أَمَواجًا ضِعْمَ الطَّرَفِ  
الأحمر من الطيف المنظور فقط.

## ألوان التداخل

الألوانُ الزَّاهِيَةُ الَّتِي نَشاَهِدُهَا أحيانًا عَلَى فُتَاقِجِ الصَّابُونِ سَبَبُهَا تَدَاخُلُ الضَّوِّءِ. فَأَشْعَةُ الضَّوِّءِ الأبيضِ المُنْعَكِسَةُ عَلَى البِشَاءِ الدَّاخِلِيِّ لِفُتَاقَةِ الصَّابُونِ تَسْرِي أَمَدًا بَقِيلًا مِنَ الأَشْعَةِ المُنْعَكِسَةِ عَلَى البِشَاءِ الخَارِجِيِّ وَتَدَاخُلُ الأَمَواجُ فِي كُلِّ شُعَاعٍ مَعَ بَعْضٍ حَيْثُ تَنْتَفِي فَتَلْمِزُ بَعْضُ الأَلْوَانِ وَاحِدُهَا الأُخَرِ. فِيمَا تَتَصَامَمُ أُخَرَى لَتَكُونُ نَتِيجَةً لَوْنِيَّةً عَلَى سَطْحِ الفُتَاقَةِ.

مع زيادة إحماء القضيب يتحول  
لون حوله الأسخن إلى الأصفر.

مع المزيد من الإحماء، القضيب الآن يَبْتَدِعُ  
معظم ألوان الطيف المنظور التي تَمْتَرِجُ  
مَعًا لِتُعْطِيَ صَوْنًا أبيضًا.

يحوي الضوء الأبيض كلَّ ألوان  
الطيف.

المُوشِخُ المَاجِنَتِي (الأحمر المَزْرَقُ) يُنْقِذُ  
الضوءَ الأحمرَ والأزرقَ وَيَمْتَصُّ الأخضرَ.

المُوشِخُ الأخضرُ يُنْقِذُ النُّطَاقَ الأخضرَ فَقَطْ مِنَ  
الطيفِ وَيَمْتَصُّ النُّطَاقَيْنِ الأحمرَ والأزرقَ.

## المُرشَّحات

المُرشِّخُ ضَافِيَةٌ لَدَائِيَّةٌ تَمْتَصُّ بَعْضَ الأَلْوَانِ وَتُنْقِذُ أُخَرَى. فَالمُرشِّخُ الأخضرُ، مِثْلًا، يَمْتَصُّ جُزَايَ الطيفِ الأحمرَ والأزرقَ وَيُنْقِذُ النُّطَاقَ الأخضرَ فَقَطْ. أَمَّا المُرشِّخُ المَاجِنَتِي (الأحمر المَزْرَقُ) فَيَمْتَصُّ الضَّوِّءَ الأخضرَ وَيُنْقِذُ الأحمرَ والأزرقَ.

مَاجِنَتَا (أحمر مَزْرَقُ)

سَيَان  
(أزرق داكن)

## الأضواء الملونة

الأحمر والأخضر والأزرق  
تُعرَفُ بِالألوانِ الأَوَّلِيَّةِ -

وَيُمْكِنُكَ بِمِزْجِ هَذِهِ الأَلْوَانِ الضَّوئِيَّةِ الحَصُولَ عَلَى أَيِّ لَوْنٍ أُخَرٍ تَقْرِيبًا. فَإِذَا مُزِجَ الضَّوُّءُ الأحمرُ والأخضرُ والأزرقُ بِالنَّسَبِ الصَّحِيحَةِ يَتَكُونُ الضَّوُّءُ الأبيضُ. وَحَيْثُ يَتَرَاكَبُ لَوْنَانِ أَوَّلِيَّانِ فَإِنَّهُمَا يَتَّحِدَانِ لَوْنًا ثَانِيًّا؛ فَالأحمرُ والأزرقُ يَتَّحِدَانِ المَاجِنَتَا، والأحمرُ والأخضرُ يَتَّحِدَانِ الأصْفَرُ، والأخضرُ والأزرقُ يَتَّحِدَانِ السَّيَانَ.

يُمْكِنُ تَأْلِيفُ الضَّوِّءِ  
الأبيضِ بِمِزْجِ  
الأحمرِ والأخضرِ  
والأزرقِ فَقَطْ.

## درجة الحرارة اللونية

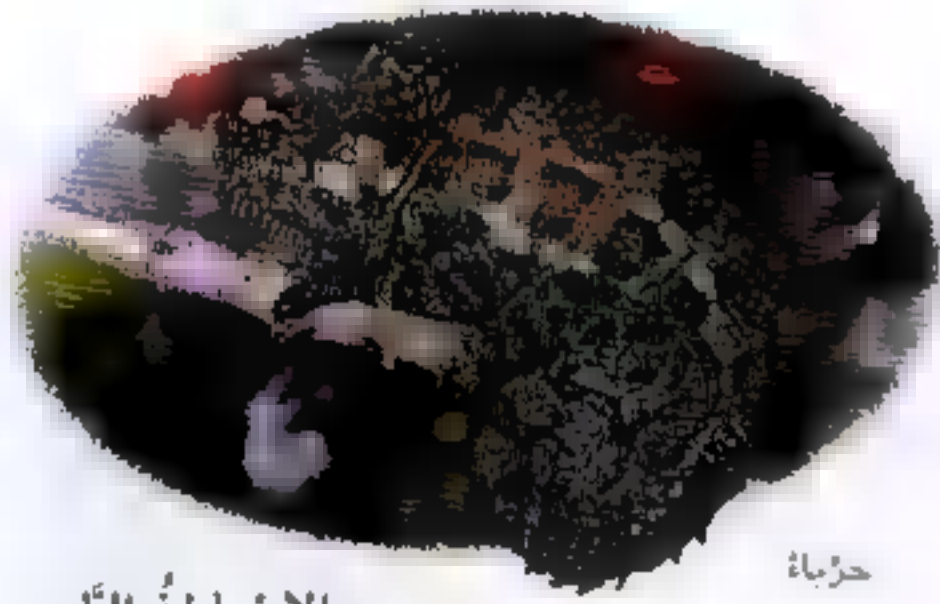
يَتَّبَعُ جَمِيعُ الأجسامِ أَمَواجًا كَهْرِمَغْنَطِيَّةِيَّةً هِيَ فِي الغَالِبِ غَيْرُ مَنظُورَةٍ. لَكِنْ عِنْدَ إِحمَاءِ الجِسْمِ تَكْتَسِبُ هَذِهِ الأَمَواجُ طَاقَةً أَكْبَر - فَيَزْدَادُ نَرْدُودُهَا وَتَقْصُرُ أَمَواجُهَا نَدْرَجِيًّا حَتَّى تَبْلُغَ الحُدَّ المَنْظُورَ. عِنْدَ إِحمَاءِ قُضْبِ مِنَ الفولاذِ، كَمَا أَعْلَاهُ، يَتَوَفَّجُ أَوَّلًا بِلَوْنٍ أَحْمَرَ كَامِيْدٍ؛ وَمَعَ زِيَادَةِ الإحماءِ يَتَحَوَّلُ إِلَى اللَّوْنِ الأصْفَرِ. وَعَلَى دَرَجَةِ الحَرَارَةِ الأَشَدِّ، يَتَّبَعُ القُضْبُ مَعْظَمَ ألوانِ الطيفِ المَنْظُورِ الَّتِي تَمْتَرِجُ مَعًا لِتُعْطِيَ صَوْنًا أبيضًا.

## المزيد من المعلومات انظر

- الضوء ص ١٩٠
- الطيف الكهرومغناطيسي ص ١٩٢
- مصادر الضوء ص ١٩٣
- تأثيرات خاصة ص ٢٦٩



# طَرَحُ الْأَلْوَانِ



## الاضطباع الطبيعي

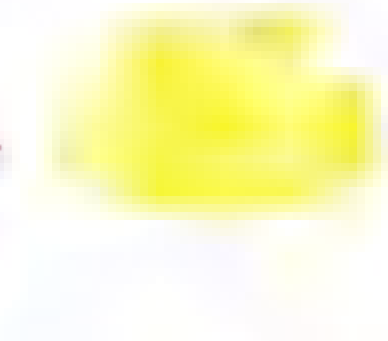
يحتوي جلد الحرياء خلايا صبغية تتغير حجمًا وشكلًا ليألف الحيوان مع ألوان الخلفية التي تحيط به. وهذه الوسيلة، فإن الحرياء مُحَكِّمَةٌ النمو حين يتهذّبها الخضر. وقد طُوِّرت أسماكُ الضنجد «لغة نفاهم» عمادها أنماط من التغيرات اللونية تتنوّج غير أجسادها.

حرياء

الأجسام غير المضيئة تكتسب ألوانها بطريقة طَرَحِ الألوان. فهي تَطْرَحُ الضوء من بعض أجزاء الطيف المنظور دونَ الأجزاء الأخرى. فوَرقَةُ النَّباتِ الخضراء، مثلاً، تبدو خضراء لأنها تَمْتَصُّ كُلَّ ألوانِ ضوءِ الشَّمْسِ تقريبًا ما عدا اللونَ الأخضرَ الذي تعكسه. الخُضْبُ والأَصْبَاغُ هي موادٌ طبيعيةٌ أو اصطناعيةٌ، تُضَافُ إلى الدهانات والخبور (ج. حبر) لِتُكْسِبَهَا ألوانها. فالخُضْبُ الأحمر يمتصُّ الأخضر والأزرق ويعكسُ الضوءَ الأحمرَ فقط. والخُضْبُ الأزرق يمتصُّ الأحمر والأخضر ويعكسُ الضوءَ الأزرق. فبِإمْتِصَاصِها الألوانَ، تُصَيِّفُ هذه الموادُ بِالْفِعْلِ لونا للعالم الذي نعيش فيه!



ماجنثا (أحمر مُزرق)



أصفر

تُطْبِعُ ألوانُ الصورةِ واحدًا فوق الآخر للحصول على الصورة بكامل ألوانها.



سنيان (أزرق داكن)

يعالج اللون الأسود شقًا في كل شيء يظهر النمط والخطوط الكفافية واضحة المعالم.



## الطباعة الرباعية الألوان

تُستخدَمُ جميعُ ألوانِ الفوتوغرافية والرسم الإيضاحية الملوّنة من أربعة خبور ملوّنة فقط، هي: الماغنثا والسنيان والأصفر والأسود. إن مزج هذه الألوان بنسب مختلفة يُنتِج جميع الألوان المختلفة التي يمكننا رؤيتها. فعندما يُخَضَّرُ كتاب أو مجلة للطباعة، تُسَخَّصُ ألوانُ الملونة للون الأربعة هذه فوتوغرافيًا. ونُستخدَمُ الأقلام مُستقلةً لتحضير صفحة طباعية لكل لون.

يُمتَصُّ الأصفر الضوء

الأزرق، ويعكس مزيخا من الأحمر والأخضر.

يُمتَصُّ الماغنثا الضوء

الأخضر، ويعكس مزيخا من الأحمر والأزرق.

يُمتَصُّ السنيان الضوء

الأحمر، ويعكس مزيخا من الأزرق والأخضر.

## مزج الدهانات

مزج الألوان في الدهانات يختلف بالطرح اللوني. فعُبورُ الماغنثا والسنيان والأصفر يمتصُّ كُلُّ واحدٍ منها لونا أوليًا واحدًا فقط من الضوء الأبيض. فمزج أيّ لونين من هذه الألوان الثلاثة يُنتِجُ دَهاً ناصعًا أوليًا للون. أمّا مزج الألوان الثلاثة معًا فينتج اللون الأسود.



في ضوء

النهار،

يعكس

زوج الأحذية

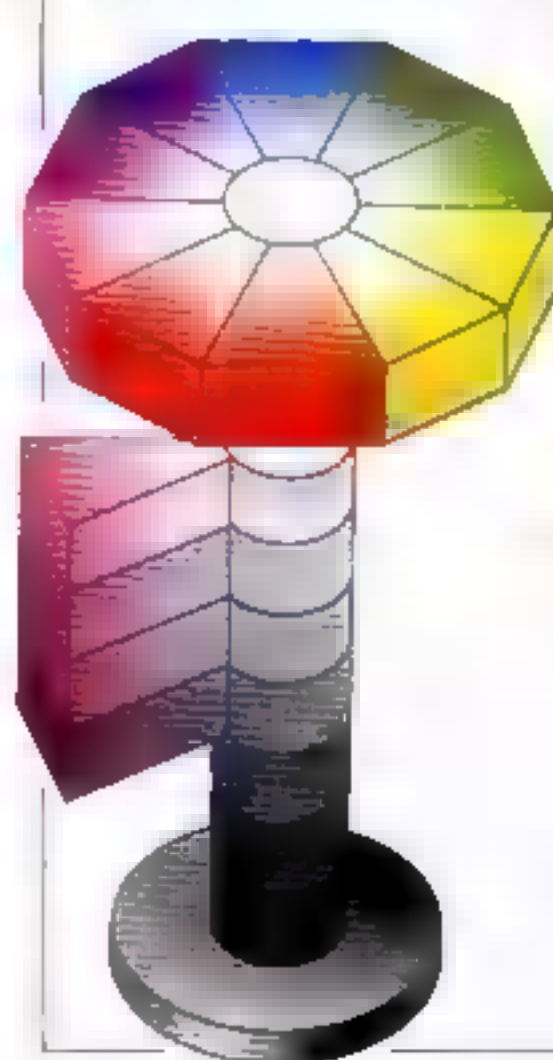
القماش الأحمر

الضوء الأحمر فقط

ويعكس جميع الألوان الأخرى.

## زوج أحذية أحمر أو أسود؟

زوج الأحذية القماشي الأحمر، أعلاه، يبدو أحمر في ضوء النهار، أو عندما يُضاء بالضوء الأحمر لأنه يعكس الضوء الأحمر فقط. وبعكس جميع الألوان الأخرى. أمّا عند إضاءته بالضوء الأزرق فإنه يبدو أسودًا لأنّ خضبة الأحمر يمتصُّ كُلَّ الضوء الأزرق؛ وليس من ضوء أحمر ليُعكسه.



## شجرة «متصل» اللونية

إذا سبق لك وحاولت مُضاهاة لون بدقّة تامّة فلعلّك خبرت الصعوبة البالغة في ذلك. فالعين البشرية حساسة بشكل يفوق التصوّر للفوارق اللونية الطفيفة جدًا حتى نستطيع تمييز قرابة عشرة ملايين تلوينة مُتباينة الدرجة. إن شجرة متصل اللونية هي نظام لتصنيف الألوان، بحيث تُقاس التّعبئة (اللون الأساسي) والتلوينة (التّشبع اللوني) والجلاء (إشراق اللون أو قوامه)؛ ثم يُوضَعُ كُلُّ لونٍ في موقعه على الشجرة. فثنان التّعبئة من موقعها على محيط الشجرة، والتّشبع اللوني من بُعدِه عن الجذع، والجلاء من موقعه على الجذع.

في الضوء

الأزرق، يمتص الخُضْبُ

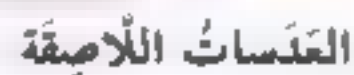
الأخضر الضوء الأزرق،

فيبدو الدَها أسود.

## المزيد من المعلومات انظر

- الأصباغ والخضب ص ١٠٢
- الطيف الكهرمغناطيسي ص ١٩٢
- الانعكاس ص ١٩٤
- الألوان ص ٢٠٢





بدلاً من النظارات العادية، يضع الكثير من الناس عدسات لاصقة - هي عدسات رقيقة جداً تماس سطح القرنية، فتصحح عيوب الإبصار، كما النظارات التقليدية، دون أن تكون باهجة للعين. وتضع العدسات الحديثة من ماذو ليثو، هلامية القوام تقريباً، نظروا على سطح العين.

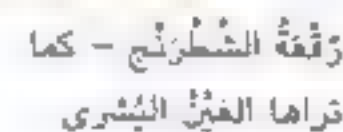
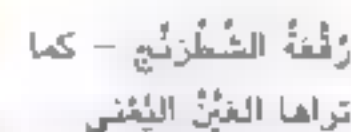


تُغيّر عضلات العين شكل العدسة لتركيز الضوء على الشبكية. فعند قديد البصر، لا تستطيع عضلات العين تحديق العدسة بما فيه الكفاية - فتتحرّك ألياف الضوء خلف الشبكية. أمّا عند الحبيب (قصير

البصر، ففضلات العين فاضرة عن تخفيف حُدُوب الغدسة بما فيه الكفاية -  
فتمركز أشعة الضوء أمام الشبكية. ويمكن تصحيح كلتا الحالتين بالغذسات.



العين البشرية ككرة عاصية مليئة بساتن ومستقرة في منحجر عظمي  
في مقدمتها طبقة شفافة واقية هي القرنية التي تسهم أيضاً في تركيز  
الضوء. الجزء الملون الظاهر من العين، هو القزحية التي تضبط  
كمية الضوء المار عبر حذقتها (البؤبؤ)، فتضيئها في الضوء  
الساطع وتوسّعها في الضوء الخافت. يتقد الضوء إلى العدسة  
فتركّزه على الشبكية، التي تحوي طبقة من الخلايا الحساسة  
للضوء. هذه الخلايا ترسل، عن طريق العصب البصري،  
إشارات إلى المخ حيث  
تؤوّل إلى معلومات تؤلّف  
عالمنا المنظور.

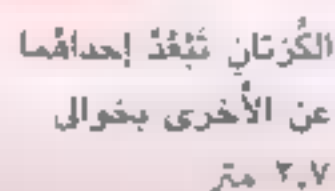


## الإبصار المُجَسَّم

الإصباح بعينَيَّ اثْنَتَيْنِ يُسَاعِدُنَا فِي تَقْدِيرِ  
مَوَاقِعِ الْأَجْسَامِ وَبَعِيدَهَا بِدَقَّةٍ. فَإِذَا نَظَرْتُ  
إِلَى إصْبَعِكَ، بَعَيْنٍ وَاحِدَةٍ أَوَّلًا ثُمَّ  
بِالْبَقِيَّةِ الْأُخْرَى تَجِدُ أَنَّ إصْبَعَكَ قَدْ  
تَحَرَّكَ مِنْ مَوْقِعِهِ. وَهَذِهِ الْحَرَكَةُ تَزِدُنَا  
أَكْثَرَ فَأَكْثَرَ كُلَّمَا قَرَّبْتُ إصْبَعَكَ إِلَى  
عَيْنِكَ. وَالذَّمَّاعُ هُوَ الَّذِي يُؤْخِذُ  
مَنْظُورَ الْعَيْنَيْنِ الْيُسْنَى وَالْيُسْرَى فِي  
صُورَةٍ وَاحِدَةٍ مُخْتَلِمَةٍ (ثَلَاثَةُ الْأَعْيَادِ).

## الخُدْعُ البَصْرِيَّةُ

كثير من المعلومات التي نستنبطها من صور الأشياء متبني على معرفتنا  
المستبقة بما يجب أن تكونه. فمثلاً نقدر المسافة بين جسمين بما لأننا  
نعرف حجمه الفعلي ونعرف كم يبدو حجمه على بُعد مُعَيَّن. لكننا قد  
نكون مخدوعين! فالأخدوة البصرية قد تُضلُّنا فيما يتعلق بالحجم  
النسبي للجسم، بوضعه في غير موقعه المتوقع. فالكُرَّتان المُبَيَّتان هنا  
يبدوان مُساوئِي الحجم، لكن الكُرَّة الخلفية هي كُرَّة قَدَم والأمامية هي  
كُرَّة جُولف.





تحتوي الشبكية طبقة من الخلايا الحساسة للضوء تستقبل نباضات الشبكية وتخاريطها.

مخاريط الشبكية حساسة للألوان المختلفة.

خلايا عصبية

نابيت الشبكية ومخاريطها

تحتوي الشبكية نوعين من الخلايا الحساسة للضوء - هي النابيت والمخاريط. تحتوي العين قرابة 6,000,000 خلية من المخاريط و 120,000,000 من النابيت. تستجيب المخاريط للثور الشاطع وأطوال الضوء الموجية المختلفة، فتُمكننا من إدراك الألوان. أما النابيت فحساسة للضوء الخافت، ولا تستجيب للألوان.

نابيت الشبكية حساسة لمستويات الضوء الخفيفة.

في ضوء الشمس الشاطع تعمل نابيت الشبكية ومخاريطها بكامل فعاليتها، وتكون للفروق اللونية واضحة.

ليلاً ونهاراً

تبدو لنا الفروق اللونية واضحة في ضوء الشمس الشاطع لأن خلايا مخاريط الشبكية ونابيتها مُنشطة بالكامل. أما في ضوء القمر، فتستأثر النابيت فقط وتبدو الفروق اللونية أقل وضوحاً بكثير.

في ضوء القمر تشتتت النابيت فقط، فلا نستطيع إدراك الألوان.

كم لونا يمكنك رؤيته؟

إذا كان إحصارك للألوان سهواً، يمكنك رؤية سلسلة النقاط الخضراء المخففة في هذه الشبكة من النقاط الحمراء والصفراء. إن حوالي واحدًا من ١٥ من الذكور لا يستطيع إحصار هذا النمط لأنه أعشى الأحمر والأخضر. والناس ذوو مثل هذا العشى لا يتحسسون الفرق بين الأحمر والأخضر - كما يدركه ذوو الإبصار السوي. أما نسبة ذوي هذا العشى من الإناث فضئيلة - إذ لا تتعدى نسبة من يجدن صعوبة في تمييز النمط الطاهر في هذه الشبكة الواجدة في الألف.

سلسلة من النقاط الخضراء

نقطة صفراء

نقطة حمراء

خطوط دليلية تظهر بالضوء فوق البنفسجي.



الغرائز الحشرية

عبون الحشرات حساسة تقسم من الطيف الكهرومغناطيسي غير القسم الذي تراه عين الإنسان. فالحشرات تُبصر الضوء فوق البنفسجي الذي لا نستطيع عين الإنسان تمييزه. بعض الأزهار طوّرت مع الزمان خطباً تُرى فقط في الضوء فوق البنفسجي، وهذه تُشكل خطوطاً دليلية تُوجه النحل نحو الرحيق واللقاح (غبار الطلع).

الذباب تستطيع رؤيتك أتياً من أي اتجاه.

عدسة مخروطية عدسة شطّيح

البافت العصب البصري

العيون المركبة

لأدبابة بالمشقة فلما يُصيها لأن لها مئات العيون المركبة! كل واحدة منها تحتوي مئات الشطّحات الغشائية في مواجهة جميع الاتجاهات. وتتألف كل غشائية من عدسة خارجية سطحية وعدسة مخروطية داخلية. وتعمل هاتان العدستان على تركيز الضوء وتوجيهه نحو العصب البصري والدماغ.

العين البسيطة

جهاز البصر في المحارة يتكوّن من صف من العيون البسيطة الأشبه بالكاميرات ذات الثقب. لكنّها حساسة للضوء. بهذا الجهاز تستطيع المحارة اكتشاف حركة الحيوانات الضارية فتقبل مصراعها بسرعة حتى زوال الخطر.



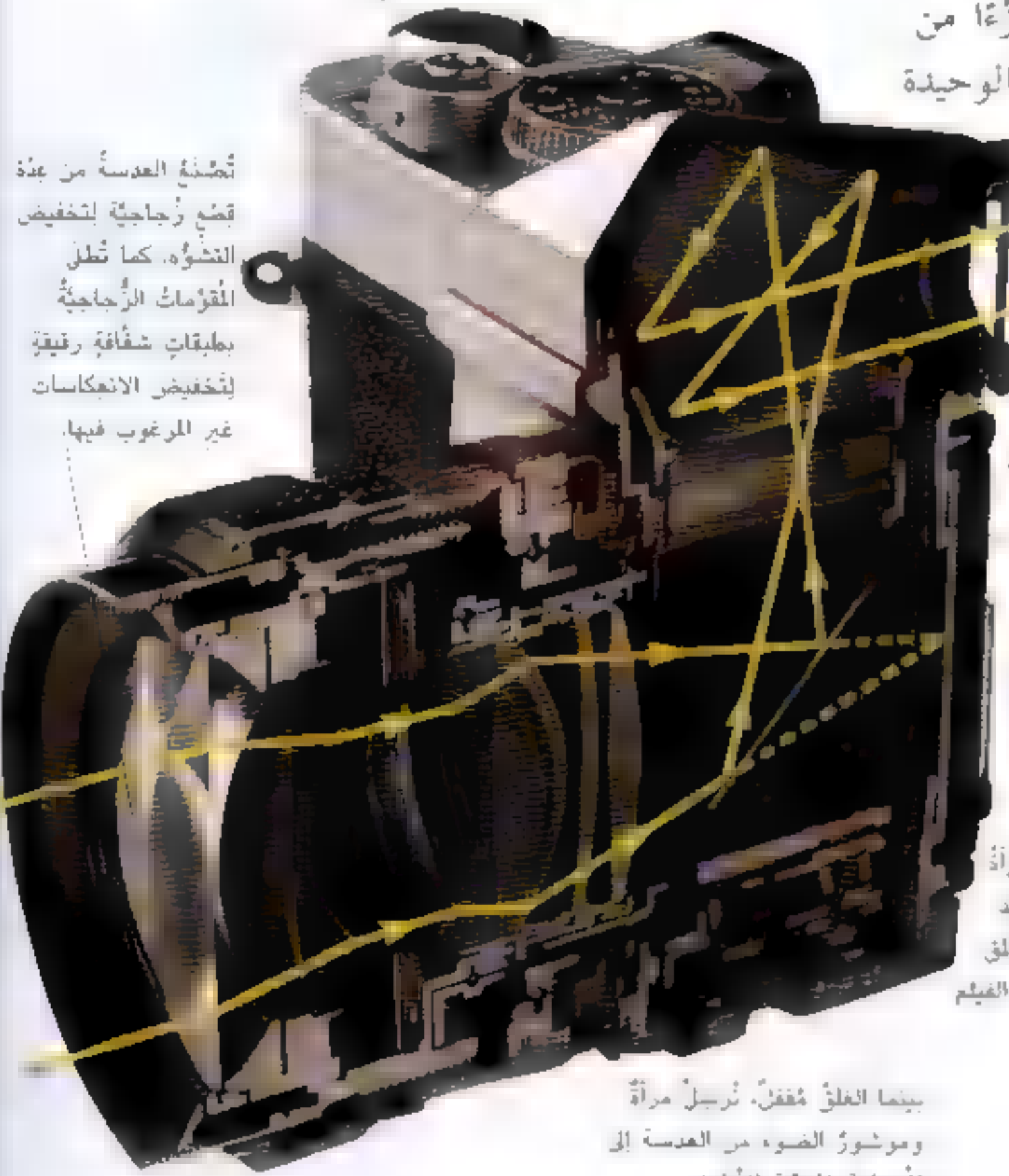
لمزيد من المعلومات انظر

القيف الكهرومغناطيسي ص ١٩٢  
العدسات ص ١٩٧  
الألوان ص ٢٠٢  
التصوير الفوتوغرافي ص ٢٠٦  
الحواس ص ٣٥٨



# التصوير الفوتوغرافي

المصوِّبة (مُعَيِّنَةُ الْمُنْظَرِ)



تُضَلِّعُ العدسة من عدسة  
قطع زجاجية لتخفيض  
التشوه. كما تُطلى  
المقومات الزجاجية  
بطبقات شفافة رقيقة  
لتخفيض الانعكاسات  
غير المرغوب فيها.

شاشة  
التبديل من  
الرَّجَاجِ  
المُسْتَعْرِضِ

ترتفع المرآة  
ثقتان عند  
فتح الغلق  
لتعريض الفيلم  
للضوء.

بينما الغلق مُقْفَل، تُرْسِلُ مرآة  
ومرشور الضوء من العدسة إلى  
المصوِّبة (مُعَيِّنَةُ الْمُنْظَرِ).

## الكاميرا

تعمل جميع الكاميرات بتركيز الكمية الملائمة من الضوء على فيلم فوتوغرافي لتكوين الصورة. ويمكن تغيير هذه الكمية بتعديل الفتحة - وهي الثقب الذي يمرُّ الضوء من خلاله، وبتغيير زمن التعريض - وهو المدة التي يبقى الغلق خلالها مفتوحاً لتعريض الضوء. ويحوي الكثير من الكاميرات، كهذه الكاميرا الحديثة ذات العدسة العاكسة المفردة، مقاييس كهروضوئية مبنية تضبط التوافقية الصحيحة لزمن التعريض وفتحة الكاميرا أوتوماتياً.



ثقب صغير

اشعة الضوء من  
الجسم تسري بخطوط  
مستقيمة عبر الثقب  
الصغير نحو الستارة.

## الكاميرا ذات الثقب

تبسط الكاميرات غلبة مُقْفَلَة ذات ثقب صغير، بدلاً من العدسة، يمرُّ الضوء باتجاه ستارة في مؤخرة الغلبة. الصورة تكون غائبة مُسَوَّدة، ويتطلب تقليصها أوقات تعريض طويلة.

الصورة مقلوبة  
رأساً على عقب.



يستخدم مصوِّرو  
الاستوديوهات صفائح  
فيلمية كبيرة القطعة  
لتسجيل صور  
واضحة المعالم جداً.

الأفلام الملفوفة بغرض  
٣٥ ملم هي الأكثر  
الاحجام الفيلمية شيوعاً.

## الفترة المظلمة

صُنِّعت الكاميرات الأولى على نسق الفترة (الحجرة) المظلمة. وكانت هذه تتألف من حجرة مظلمة تُعرض فيها صور المناظر الطبيعية المحيطة مُسَفَّطة من خلال عدسة. ورغم كونها وسيلة مثالية ناجحة في زمانها، فإنه لم يكن بالإمكان تسجيل صورها.



## شكل وحجم الأفلام

كانت الصور الفوتوغرافية الأولى تُسجَّل على صفائح معدنية أو زجاجية. أما الأفلام الحديثة اللدائنية المرنة فهي أكثر تنوعاً وأدق ثباتاً، وتُصنع بمقاسات وشرعات واسعة المدى لتلائم الأغراض المختلفة. إن سرعة الفيلم هي مقياس لكمية الضوء التي يجب أن تسقط عليه للتعريض الصحيح. فالأفلام السريعة يلتزمها زمن تعريض قصير، مما يكفل عدم تشبُّب الصورة مع اهتزاز الكاميرا. أما الأفلام الأبطأ فتُسجِّل تفاصيل أكثر لأنها بهذا التعريض تُكوِّن خيالات فضية أدق.





## حُجْرَةُ مُظْلِمَةٍ

فيلم التصوير مغطى بكيمائيات حساسة للضوء؛ لذا يجب تطهير الفيلم وضبطه في حُجْرَة مُظْلِمَةٍ. تنطوي طريقة إنتاج صورة فوتوغرافية بالأبيض والأسود على مرحلتين - وفي كل مرحلة عدّة خطوات. عند تطهير فيلم الصور المطبوعة نحصل أولاً على صورة سلبية. ثم نحول هذه إلى صورة موجبة بطبّعها على ورقة فوتوغرافية.



## التطهير

في الحُجْرَة المظلمة يُخرج الفيلم المعرض من علبة ويُنقّى على كُرّة؛ ثم يُغمس في مغسلي يحوي كيمائيات تُطهّر الصورة. بعد ذلك يُنظف الفيلم بالماء ويُضاف إليه كيمائيات أخرى تُثبّت الصورة.



## التكبير والتّقطيع

يُمكن طبع السلبية بعد تنظيفها بالماء ونحيطها فتوضع في جهاز التكبير. ثم يُسلط عليها نور ساطع، فتكوّن عدسة الجهاز لها صورة مُكبرة على ورقة حساسة للضوء. بعد ذلك تُطهّر الطبعة المُكبرة ويجري تثبيتها بالطريقة نفسها كما الفيلم.

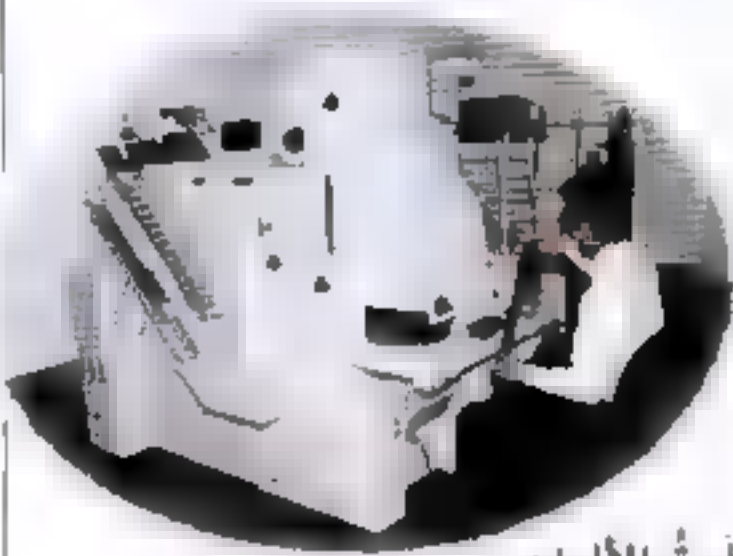


الأجزاء الفاتحة من السلبية تُمرّر ضوءاً أقل من الأجزاء الأفتح لوناً.



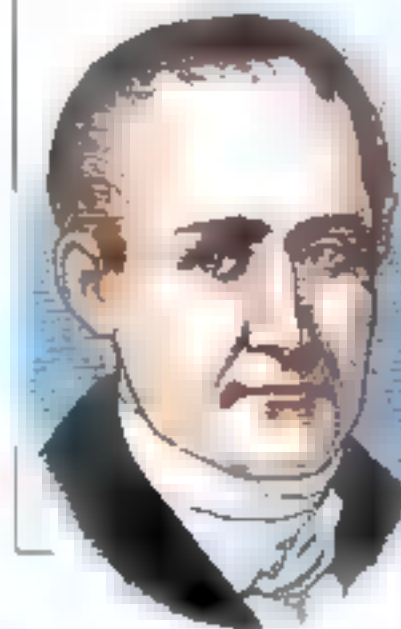
## مُعالجة الألوان

الأفلام الملونة تعمل بطريقة مُماثلة لأفلام الأسود والأبيض، لكن تُغشى الفيلم الملون ثلاث طبقات. كل طبقة حساسة لـ لون واحد من الضوء - الأزرق أو الأخضر أو الأحمر. عند مُعالجة الفيلم، تُضاف إلى طبقاته أصباغ الأصفر والماجنتا والسيان، فتُنتج الصورة بكامل ألوانها.



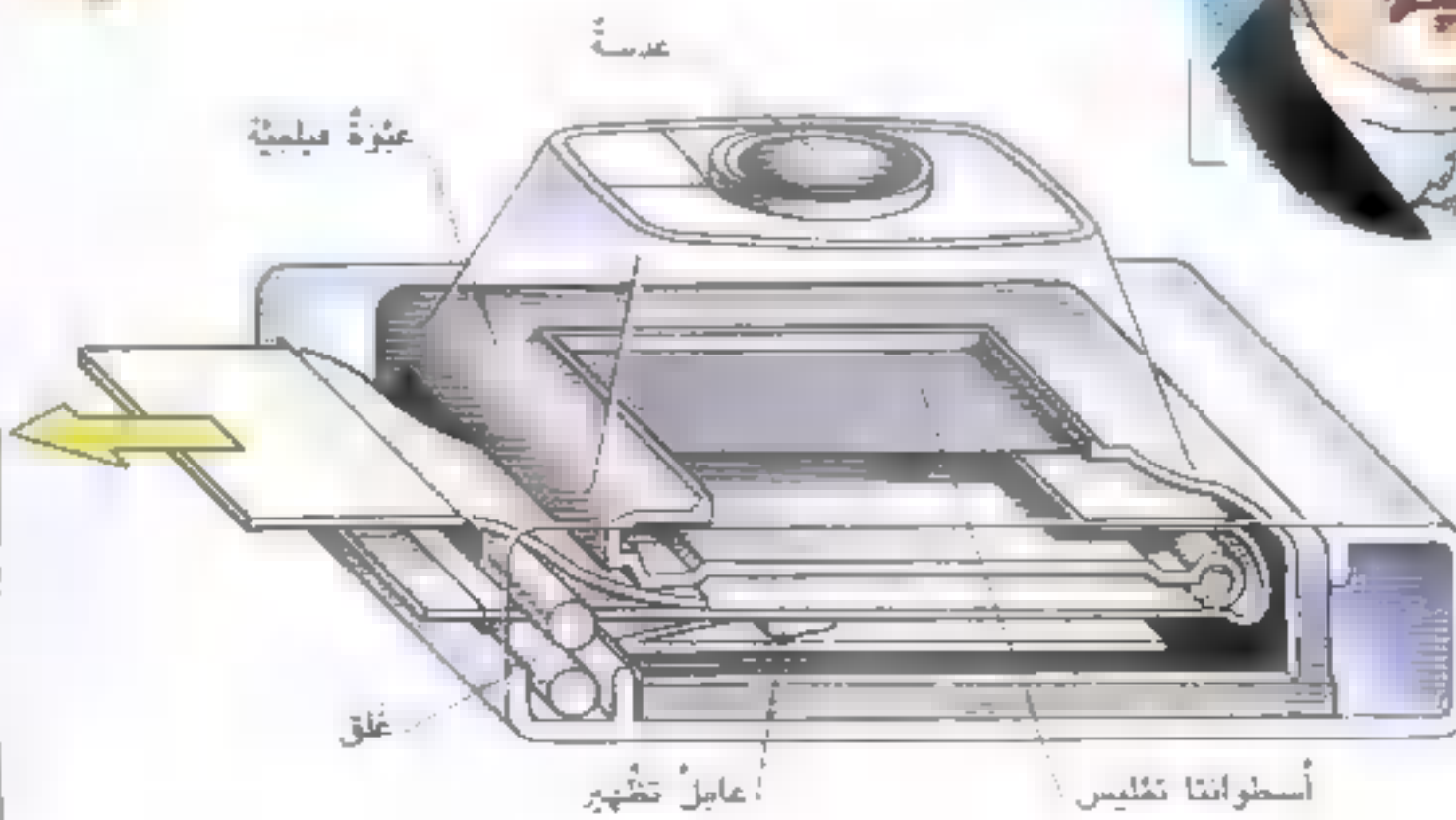
## جوزيف نيس

حقّق جوزيف نيس (1756-1833) أول صورة فوتوغرافية حين ركّز المنظر، الذي يُطلّ عليه نافذته، على صفحة من النيوتر مطبوعة بالقار الحساس للضوء، وتركها تتصلّب لمدة ثماني ساعات. غير أن شريكه لويس داجير (1788-1851) طوّر فيما بعد طريقة أكثر حساسية (نمط داجير) تتِمّ في أقل من دقيقة تعريض.



## فيلم البولارويد

يُنتج فيلم البولارويد صوراً فورية. فعندما يُسحب الفيلم المعرض للضوء من عبوته الفيلمية، تضغط أسطوانتا التلميس كيمائيات على سطحه تُطهّر الصورة في حوالى دقيقة. ويحوي الفيلم ذاته تسع طبقات مُنفصلة، منها ثلاث حساسة للضوء. وخلال التطهير تتشعّب أصباغ السيان والأصفر والماجنتا غير المُصورة.



سلبية ملونة

## موجة ملونة وسلبية ملونة

هناك نوعان من الأفلام الملونة. موجبة وسالبة. فعندما يُعالج الفيلم الملون الموجب يُعيد إنتاج الألوان التي تعرّض لها، ويُعطى شريحة شفافة موجبة بالألوان. أما عندما يُعالج الفيلم الملون السالب فإنه يُنتج صورة سلبية تتحوّل إلى صورة موجبة بعد طبّعها على ورقة فوتوغرافية.



موجة ملونة



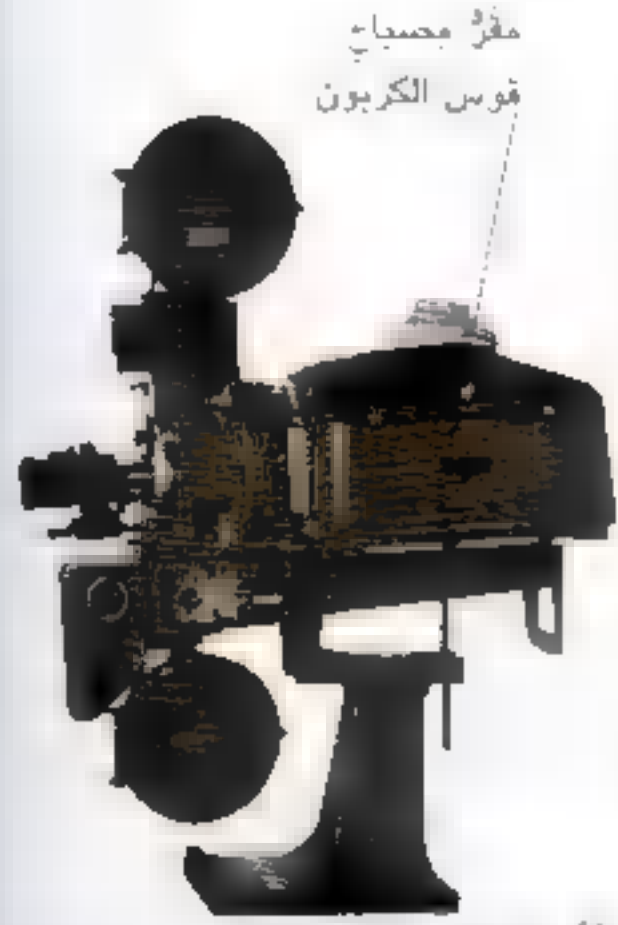
## لمزيد من المعلومات انظر

- الفلترات الانتقائية ص 36
- الهالوجينات ص 46
- القذمات ص 197
- الألوان ص 202
- الإبصار ص 204
- حقائق ومعلومات ص 412



# السينما

كانت بدعة تسجيل الصور على أفلام خدنا مثيرا جعل الناس يتطلعون بتوق إلى تقصي سبل لتسجيل صور متحركة. وكان توماس أديسون أول من حقق ذلك عام ١٨٩٣، في أفلام لا تزيد مدتها على ١٥ ثانية، ولا تمكن مشاهدتها لأكثر من شخص واحد في وقت واحد، بواسطة مكنة تدعى الكيتوسكوب أي مكشاف الحركة. وفي العام ١٨٩٥ تمكن الأخوان الفرنسيان أوغست ولويس لوميير من عرض صور متحركة على ستارة لأول مرة أمام نظارة. وكانت الأفلام الأولى رقيقة صامتة وبألوان الأبيض والأسود. ولم تظهر أفلام هوليود الناطقة إلا عام ١٩٢٧. وفي الثلاثينيات دخلت الأفلام الملونة عالم السينما. واليوم أصبح خبراء الصناعة السينمائية، لا خبراء بارعين في عرض القصة فقط، بل أيضا خبراء في مختلف مفاهيم علم الصوت والضوء المتعلقة بصناعتهم.

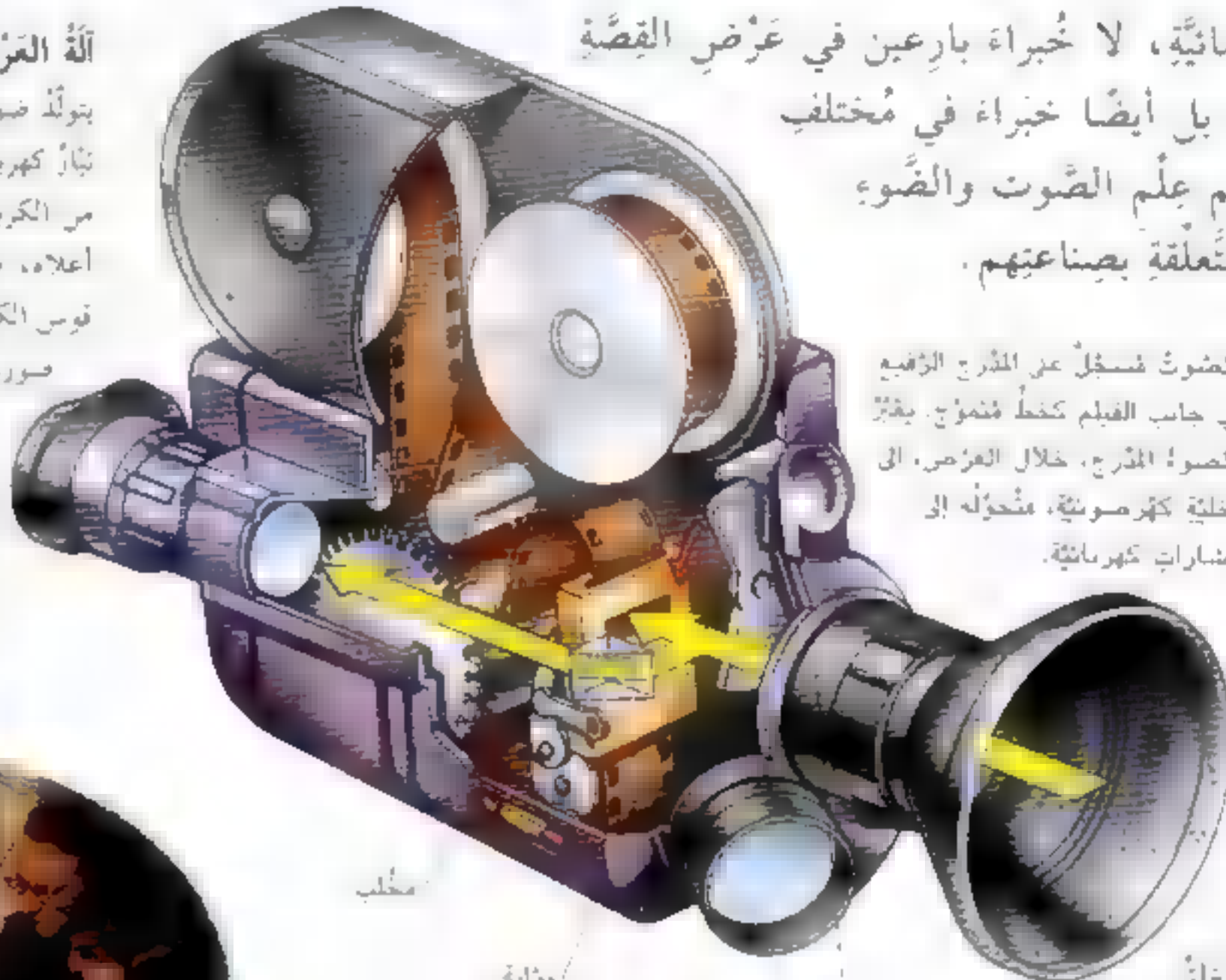


مقر مصباح  
قوس الكربون

## آلة العرض السينمائي

يتولد ضوء أبيض بالغ الشدة عندما يسري تيار كهربائي عبر فتحة صغيرة بين قضيب من الكربون. في آلة العرض السينمائي، أعلاه، طرار الحسيات، ينتج مصباح قوس الكربون ما يكفي من الضوء لإسقاط صورة ساطعة على شاشة كبيرة.

ينعكس الضوء على الفلق المغلقة ثم يُحرفه بواسطة الموشور نحو المستوى بحيث يستطیع المصور مشاهدة الصورة.



الصوت فسجل عن المدرج الرفيع في جانب الفيلم كخط منموج. يقرأ الضوء المدرج، خلال العرض، إلى خلية كهروضوئية، متحوّلة إلى إشارات كهربائية.

## الفيلم السينمائي

الفيلم السينمائي هو في الحقيقة سلسلة من الصور المتحركة تُلتقط واحدتها ثلثي الثانية أخرى بسرعة. فالكاميرا السينمائية الحديثة تلتقط ٢٤ إطارًا (صورة) في الثانية. وعند عرض هذه الصور متتابعة بالمعدل نفسه على الشاشة يراها المشاهد متحركة - إذ تظل العين محتفظة بالصورة حتى بعد مرورها.

## الكاميرا السينمائية

في الكاميرا السينمائية الشغالة، يدور الغلق - فتحة وغلقا بالتناوب ٢٤ مرة في الثانية، عارضًا أطر الفيلم كل إطار بدوره. فعندما يكون الغلق مغلقًا، يشبك المخلب بالشقوب في جانب الفيلم ويسحب الإطار التالي نحو البوابة لينتج تعريضه. إن حركة المخلب والفيلم الشغلة هي التي تسبب الضجيج الأزار الذي تسمعه كلما شغلت الكاميرا السينمائية أو آلة العرض.



مخلب

مؤابة

تُأخذ الصورة بتحرك العدسة نحو الفيلم أو بعيدا عنه.

كانت الزوثرات من الدس البصرية الشائعة في القرن التاسع عشر.



الزوثرات  
(أسطوانة الأشكال المتحركة)  
كانت دمية

الزوثرات تتألف من أسطوانة مشقة بداخلها ضفت من الصور. تظهر كل واحدة منها لجزء من الثانية غير شطب من الشقوب كلما دوّمت الأسطوانة. فإذا دوّمت الأسطوانة بسرعة كافية فإن الصور تتداخل بعضها مع بعض فيبدو كأنها تتحرك.

## التلفزيون والفيديو

تتكوّن الحركة على ستارة التلفزيون أو الفيديو بطريقة مماثلة لكونها على الفيلم السينمائي. إن معظم أجهزة التلفزيون تعرض صورة كاملة ٢٥ مرة في الثانية. وإذا تمخضت الصورة على شاشة التلفزيون بعدسة مكبرة يمكنك مشاهدة النقط الحمراء والخضراء والزرقاء التي تتألف منها.

تتألف الصورة من شقوق خفي وخضمر ورزق.



تتجمع النقط لتكوّن شقة.

## لزيد من المعلومات انظر

- التلفزيون ص ١٦٦
- تسجيل الصوت ص ١٨٨
- الضوء ص ١٩٠
- التصوير الفوتوغرافي ص ٢٠٦



# الأرض

الأرض ثالث الكواكب المعروفة في المجموعة الشمسية من حيث البعد عن الشمس، وخامسها من حيث الحجم، والوحيد من حيث تواجد الحياة. تبدو الأرض للناظر من عل ككتلة من اليابسة والبحر والهواء؛ كلها عرضة للتغير تبعاً لتحركات داخل الأرض والطاقة المتباعدة من الشمس. الدراسات الأرضية (الجيولوجية) مستمرة والعلماء يحققون باستمرار اكتشافات جديدة. وقد تفرّع علم الأرض (الجيولوجية) في القرن العشرين من وصف ودراسة الصخور إلى دراسة مختلف العلوم المتعلقة

بالدراسة المُعَقَّقة للمعادن، تتكشف لنا كيمياء الأرض والمواد المختلفة التي تنتجها العمليات الجيولوجية. وهذه الدراسات تعرف بالبيدانة أو علم المعادن.

تُكوّن المعادن المختلفة الأنواع صخوراً متباينة. وتُستخدم صخور مختلفة في تشييد المباني وزخف الطرق، أو كمواضع أولية في صناعة الكيماويات، وعلم الصخور هو واحد من علوم الأرض.

تُشاد ناطحات السحاب من الحجارة الصخرية مدعومة بهياكل من الفولاذ المُستخرج من خامات الحديد؛ ويُصنّع زجاج نوافذها من الرمل؛ ويُستخدم النفط لتشغيل مكائن البنزين، الجيولوجية الاقتصادية تستخدم المبادئ الجيولوجية لاكتشاف المواد ذات الجدوى العملية.

## علم الأرض

علم الأرض يشمل دراسة الذرات والجزيئات في الكيمياء الجيولوجية كما دراسة المجرات في علم الكونيات. لقد نجّمت لدينا في هذه المجالات كم هائل من المعلومات عن الأرض. أسهم فيه الجغرافيون والجيولوجيون وعلماء المحيطات والمناخيون والفلكيون وغيرهم. ويقوم العلماء المختصون تدريجياً بدراسة هذه الحقائق الجديدة وإيجاد العلائق السببية بينها لتكون صورة واضحة عن بنية الأرض وتطورها غير المُعْصَر.

بتركيبها ومظاهرها وتاريخها وتطورها فيما يُسمّى «علوم الأرض». ويتّضو في هذه العلوم بعض من التقانات الحديثة والكيمياء والفيزياء والبيولوجية والعلوم التطبيقية المختلفة؛ وهي بمجموعها تُسهم في زيادة معرفتنا عن الكوكب الذي نعيش فيه.

يتنبى دراسة بنية الصخور للتأكد من احتمالياتها قبل إرساء أساس المباني عليها، وقبل حفر الانفاق عبر الجبال التي تُكوّنها، وتعالج الجيولوجية البيئية طبيعة تحركات الصخور وتغيّر أشكالها.

يعتمد موقع المزرعة أو المدينة على جغرافية المنطقة وطبيعة الأرض فيها. ويُعالج علم شكل الأرض (الجيومورفولوجية) دراسة شكل الأرض وتضاريسها الطبيعية الناتجة عن نوعية الصخور وبنيتها.

خارطة العالم هذه  
مُؤرّخة ١٥٩٨، في  
أنتويرب (بلجيكا).

يمكننا المقارنة بين جيولوجية كوكبنا وبين جيولوجية جاراته الأقرب، والمقابلة بين المراحل التاريخية التي مرّت بها، ونجلى هذه الدراسة هو علم الكواكب.

## أفكار قديمة حول الأرض

كان بعض الهندوس، منذ حوالي ١٥٠٠ سنة، يعتقدون أنّ الأرض محمولة فوق أربعة قُلو وافقة على ظهر لُجاء عملاقة. إن خرافات كهذه، عن كيفية نشأة الأرض، هي جزء من التقاليد والأفكار العلمية القديمة في كلّ الحضارات. ومع تقدّم العلم والتقانات، تقلّصت تقاضينا عن الأرض وكيفية نشأتها. والأبحاث والتحليل الجارية والمستمرة تُقربنا أكثر فأكثر نحو تفهّم طبيعة كوكبنا وكلّ ما يحتويه.

### الخرائط القديمة

في القرنين الخامس عشر والسادس عشر نشطت الاكتشافات، فأُقلع البحارة من أوروبا في اتجاهات مُعَدَّة لاكتشاف بلاد جديدة، أو لتوسيع إمبراطورياتهم التجارية، أو للإبحار حول الكرة الأرضية. وكان ما شاهدوه في رحلاتهم، وما جمّعوه من نماذج وغيّات، وما عاودوا به من أخبار وروايات أساساً لمختلف المفاهيم القديمة عن الأرض.





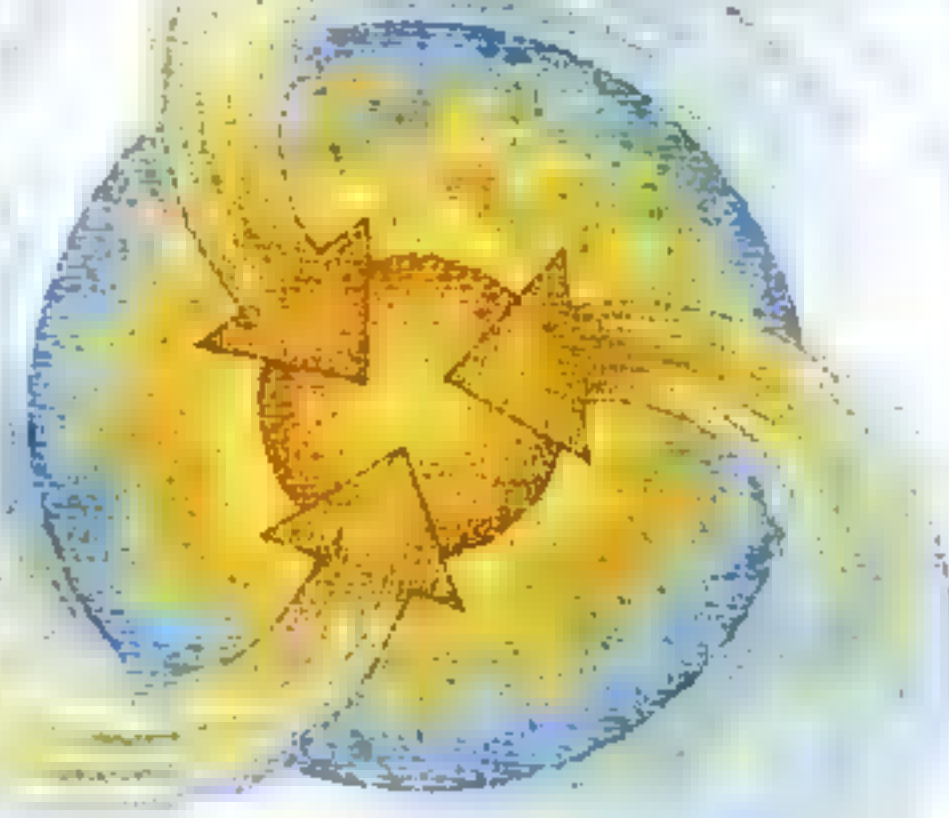
# تكوُّن الأرض

منذ حوالي ٥٠٠٠ مليون سنة، لم تكن الأرض سوى سحابة من الغاز والغبار تدوم في الفضاء؛ كجزء صغير من سحابة هائلة أكبر منها بكثير. ثم تكتلت معظم مواد تلك السحابة الضخمة وتَمَرَّكَزَتْ في الوسط لتكوّن الشمس. وبدأت حلقات من المواد، عبر باقي السحابة، تتجمع معاً لتكوّن الكواكب؛ وكان كوكب الأرض أحدها. والأرض، ككل الكواكب، ذات بنية طبقية - موادها الأخف في الطبقات الخارجية والمواد الأثقل في اللب. وتُسَبَّبان حركة تدويم السحابة الأصلية بكليتها من نمو تحريك الأرض حالياً.

النظرية المتجاذبة هي أولى النظريتين حول كيفية تكوّن الأرض.

النظام الشمسي بدأ كاسطوانة ممدومة من الغاز والغبار.

بفضل الجاذبية، تجمعت جسيمات من جميع الأحجام بعضها مع بعض في كرات آت في النهاية إلى كواكب.



جسيمات الحديد والنيكل الثقيلة غاصت نحو المركز وظلت في الجسيمات الأخف في الطبقات الخارجية.

النظرية الثانية حول تكوّن الأرض هي النظرية المتفجرة.

النظام الشمسي بدأ كاسطوانة ممدومة من الغاز والغبار.

تجاذبت جسيمات الحديد والنيكل الأثقل بعضها مع بعض بفضل الجاذبية لتكوّن اللب الثقيل في الكواكب. ونتيجة لكتل الكواكب الضخمة اضطر لها قوة جاذبية قوية.

الجسيمات الأخف (كالسليكات، مثلاً) انجذبت إلى خارج اللب الثقيل للكوكب؛ فيما تجمعت الغازات الخفيفة جداً لتكوّن جو الكوكب.

## القشرة القارية

تتكوّن جبال جديدة بتفشس القارة تحت ضغط القشرة المحيطية.

يتكوّن الدرع القاري المسطح، المنخفض سيف القارة، يتجمع غطاء من الرسوبات التي لم تلتزمها اضطرابات.

سلسلة جبال تتكوّن من تصادم قارطين.

الجبال القديمة، كجبال الروكي في كندا، تتكوّن أيضاً عند حافة القارة.

القشرة المحيطية المنضهرة الصاعدة تحزّ القارة تحريك التراكيب.

## القشرة القارية

طبقة الأرض الخارجية، التي تُشكّل الكتلة اليابسة، تُسمّى القشرة القارية. وتتكوّن في معظمها من صخور قديمة إضافة إلى مواد جديدة تكتلت كتلاسل جبلية حول الحواف. ويُشَبَّان التاريخ المُعَقَّد لكل قارة من بنيتها المُعْجَزة المنكسرة. تتألف القشرة القارية بصورة رئيسية من السليكا والألومنيوم (السيال).

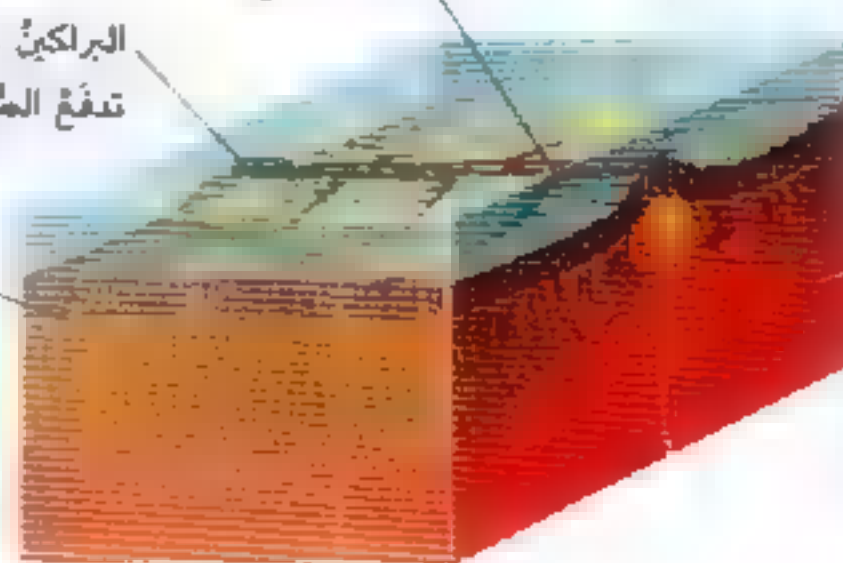
تتجمّد الصهارة الصخرية مكونة طبقة صخرية كثيفة.

القشرة المحيطية الأقدم والأثقل هي الأثقل عن الحيدود المحيطية.

## القشرة المحيطية

خندق محيطي

البراكين عند الحيدود المحيطية تدفع الصهارة الصخرية إلى أعلى.



النطاق المسطح من القشرة القارية تتكوّن من صخور قديمة مُعْجَزة ومُشوَّعة أصبحت مُلَئَة بفيل الخشب.

التكسرات في حافة هذه القشرة تتبّن مواقع انفصالها عن قارة أخرى.

## القشرة المحيطية

طبقة الأرض الخارجية في قاع المحيطات تُسمّى القشرة المحيطية، وهي دائمة التكوّن بفعل البراكين التي تدفع الصهارة الصخرية إلى أعلى عند الحيدود المحيطية. وتُندَمِر القشرة العتيقة مُتَهاوِة سَفَلاً في الأحياد المحيطية. تتألف القشرة المحيطية بصورة رئيسية من السليكا والمغنيسيوم (السيما).



في النصف الشمالي من الكرة الأرضية يكون الفصل صيفاً حين يواجه القطب الشمالي الشمس مباشرة، فيكون فيه نهار دائم، ويتعكس الحال في القطب الجنوبي حيث الفصل شتاء والظلام دائم.

في ربيع النصف الشمالي من الكرة الأرضية يتلقى القطبان الشمالي والجنوبي الكمية نفسها من ضوء الشمس، فيتساوى الليل والنهار فيهما.



### الفصول

دوران الأرض مائل حول الشمس نه تأثير بالغ في حياتنا. لأنه السبب في اختلاف الفصول. فحين يكون اتجاه القطب الشمالي بعيداً عن الشمس، وحيناً آخر يكون في اتجاهها - وهذا يحدث التغيرات المناخية الفصلية. المناخ المتناخمة تخط الاستواء قليلة التأثير بميل محور الأرض، لذا فمتناخها أكثر استقراراً.

### تدويم مائل

تدويم الأرض حول محور وهمي يمتد بين قطبيها الشمالي والجنوبي، مائلاً عن العمودي على مستوى فلك البروج بمقدار ٢٣ ١/٢ درجة - فالأرض تدور حول الشمس مائلة بهذا المقدار.

يكون الفصل شتاء في النصف الشمالي من الكرة الأرضية حين يتجه القطب الشمالي بعيداً عن الشمس، فيكون فيه ليل دائم، ويتعكس الحال في القطب الجنوبي حيث الفصل صيفاً والنهار دائم.

خريف النصف الشمالي من الكرة الأرضية يقابل ربيع النصف الجنوبي، ويتساوى طول النهار فيهما.

### الأرض تدويم وتدور

قد يتراءى لك أن الأرض ساكنة، لكنها في الواقع تدويم باستمرار حول محورها (المتعامد مع خط الاستواء) مرة في اليوم. وهي في الوقت نفسه تدور حول الشمس منممة الدورة الكاملة في سنة. تدويم الأرض حول محورها يسبب تعاقب الليل والنهار. فعندما يواجه جزء الأرض، الذي أنت فيه، الشمس يكون نهاراً، وحين يديرها يكون ليلاً. كذلك فإن دوران الأرض حول الشمس (مائلة المحور على فلك البروج) يسبب تعاقب الفصول.

تدويم الأرض حول محورها المائل عبر القطبين الجغرافيين - الشمالي والجنوبي.

تتم الأرض دورة كاملة حول الشمس في ٣٦٥ يوماً.

محور الأرض متعامد مع خط الاستواء - كما الحال في كل الكواكب.

### الشئون الأطول

إن تدويم الأرض حول محورها يتباطأ قليلاً جداً جداً تدريجياً، وذلك بسبب احتكاك المد والجزر في جرمها الماء جنة وذهاباً حول سطحها. وباحتساب عدد أيام السنة من خطوط نمو المرجان، يقدر العلماء أنه قبل ٤٠٠ مليون سنة كان عدد أيام السنة ٤٠٠ يوم. وسبب ذلك أن تدويم الأرض كان أسرع حينئذ مما يجعل الأيام أقصر.

### البطن المتفتح

الأرض ليست كروية الشكل تماماً، بل هي متفتحة قليلاً في الوسط. فبفضل التدويم تتحرك الساطع عند خط الاستواء بسرعة أكبر من مناطق القطبين. وكلما ازدادت سرعة الدوران، تزداد القوة الدافعة التي تدفع بالمواد بعيداً عن مركز الدوران. (وهذا ما يحدث عندما تدويم فتاة حول نفسها فتشعر حدائق شعرها يتحرك الخارج). أي إن الأرض تدفع نحو الخارج أكثر حول وسطها.

يثقن أن يقل انتفاخ الأرض حول وسطها عندما يتباطأ تدويمها بعد بضعة آلاف مليون سنة.

زاوية ميلان الأرض تساوي ٢٣ ١/٢°.

قطر الأرض الأفقي غير خط الاستواء يفر في مركز الأرض. وهذا القطر أطول من القطر العمودي بين القطبين بحوالي ٤٤ كم، وهي كمية قليلة نسبياً إذا علمنا أن طول قطر الأرض الاستوائي يقارب ١٢٠٠٠ كم.

### لمزيد من المعلومات انظر

- المخطيئة ص ١٥٤
- بنية الأرض ص ٢١٢
- الصحور والمعادن ص ٢٢١
- أصل الكون ص ٢٧٥
- الأرض ص ٢٨٧



# بنية الأرض

كما قشرة التفاحة تولف غلافًا رقيقًا خارجيًا، هكذا القشرة من سطح الأرض بالمقارنة مع الطبقات تحتها. إنَّ حَجْمَ الأرض الهائل يجعل طريقة الحفر عديمة الجدوى في الكشف عن حقيقة ما يتواجد في باطنها. لذا يلجأ العلماء إلى وسائل أخرى لتحقيق ذلك. فمعظم معلوماتنا عن باطن الأرض مُستمدّة من دراسة سلوك موجات الزلازل في مرورها عبر الأرض. وهكذا استطاع علماء الجيولوجية على مدى السنين، تكوين صورة لأرض متعدّدة الطبقات ذات مركز معدنيّ جامد مُحاط بموادٍّ أخفّ وزناً. ويتزايد معلوماتنا عن بنية الأرض، يزداد إدراكنا للطريقة التي تعمل بها.

طبقة الأرض الخارجية تتألف من القشرة ويقسم من الدثار القلوي - وهما يشكلان معا الغلاف الصخري.

## طبقات الأرض

الدثار القلوي جامد يحوي طبقة رخوة تسمى الغلاف الصخري؛ وهو يختلف عن الدثار السفلي بأنواع المعادن التي يحتويها.



يبلغ سمك الدثار ٢٩٠٠ كيلومتر

القسم الأسفل من الدثار يُؤلّف القسم الأعظم من الأرض. ويتكوّن من موادّ صخرية من المعادن السيليكاتية.

يبلغ سمك اللب الداخلي الجامد ١٣٧٠ كم؛ ويتألف من الحديد والنيكل. وهو يبقى جامدًا بالرغم من حرارته الشديدة، بفعل الضغط الهائل عليه.

طبقة الأرض الوحيدة السائلة هي اللب الخارجي. ويبلغ سمكها ٢٢٠٠ كم. وهي تتألف من الحديد والنيكل وربما مواد أخرى كالكبريت.

لا الأمواج الأولية ولا الثانوية يمكن اكتشافها هنا، لأنها قد أنكسرت بتغير الكثافة المفاجئ بين دثار الأرض ولبها.

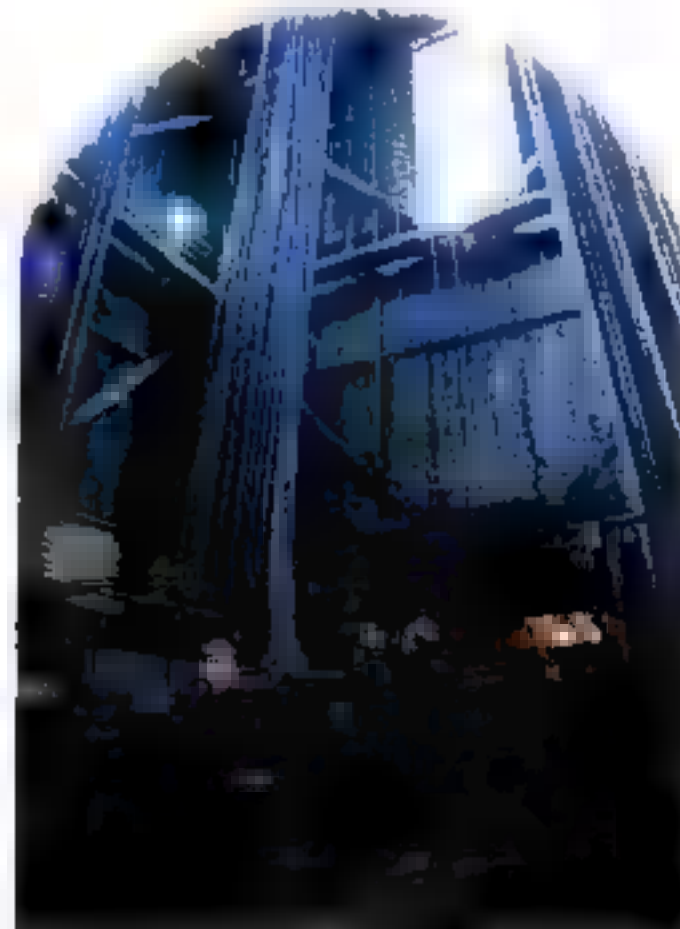
## طبقة فوق طبقة

تتألف الأرض من ثلاث طبقات رئيسية هي القشرة والدثار واللب. فالقشرة، أو الطبقة الخارجية، رقيقة صلبة تتألف في معظمها من الصخور. والحرارة من باطن الأرض تسبب انصهار بعض الصخور في الدثار - في حين يبقى الصخر جامدًا في طبقاته السفلى بفعل الضغط الداخلي الأعظم. أما مركز الأرض، أو اللب، فيتألف من طبقة خارجية سائلة تُلّف طبقة داخلية معدنية جامدة.

إنَّ مقارنة عمق أعماق بئر في العالم بالسلك النسيجي لطبقات الأرض، يُعطي فكرة عن سمك كل طبقة.

## البئر الأعماق

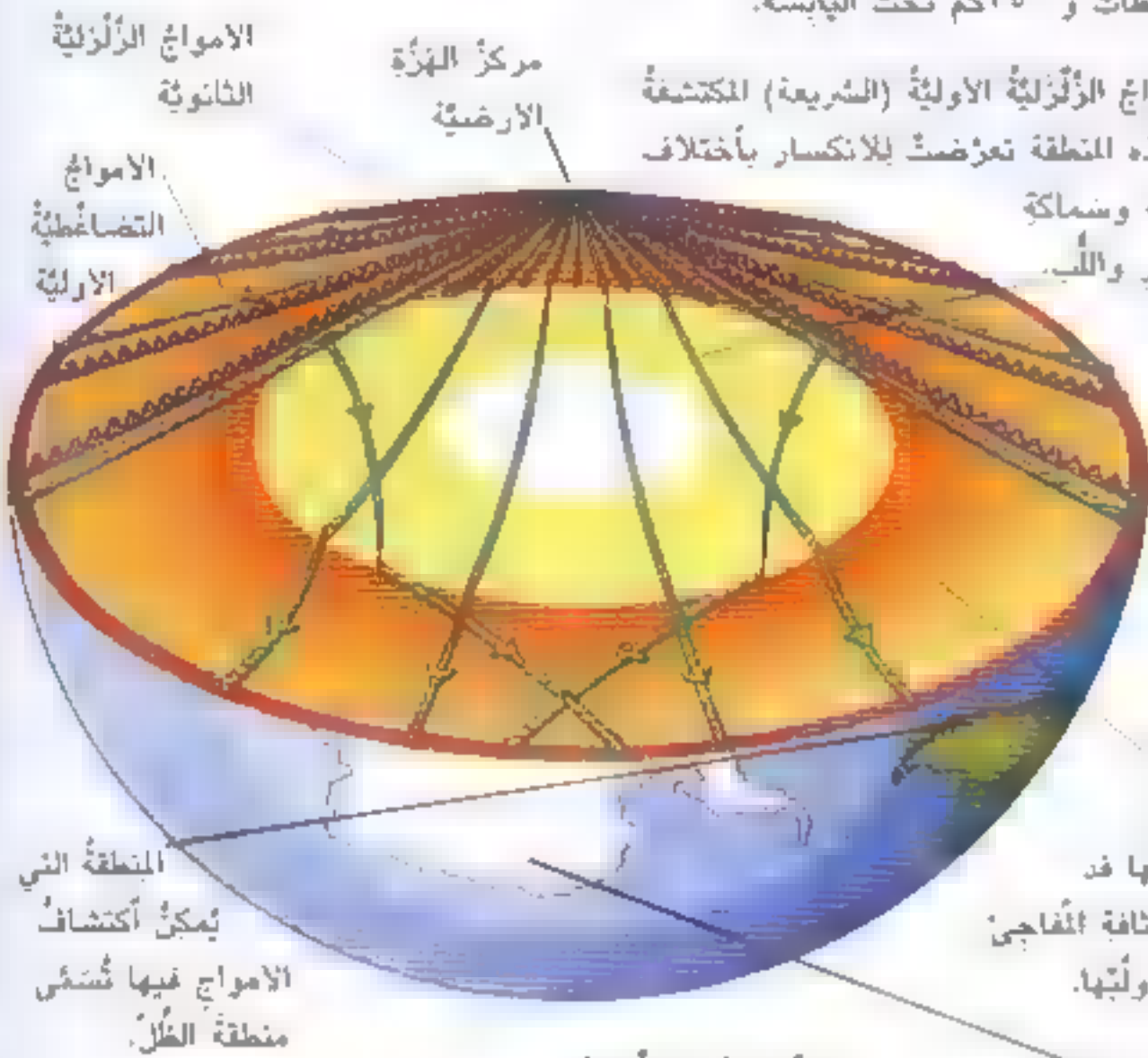
في عام ١٩٩٠، حُفرت أعماق بئر في شبه جزيرة كولا فيما كان يُدعى الاتحاد السوفياتي، وقد بلغ عمقها ١٢ كم وكان مقرّرًا لها أن تبلغ ١٥ كم. لكنّ للوصول إلى مركز الأرض، هنالك بُعد ٦٣٥٥ كم!



## الاهتزازات الزلزالية

يبلغ سمك القشرة الأرضية ٦ كم تحت المحيطات و ٢٥ كم تحت اليابسة.

الأمواج الزلزالية الأولية (السريعة) المكتشفة في هذه المنطقة تعرّضت للانكسار باختلاف كثافة وسمك الدثار واللب.



## الأمواج الزلزالية

الأمواج الزلزالية هي الاهتزازات التي تسببها الهزات الأرضية؛ تسري عبر باطن الأرض، ويمكن تسجيلها بالأجهزة الحساسة. هنالك نوعان من هذه الأمواج: الأمواج الأولية السريعة الحركة والأمواج الثانوية البطيئة. إنَّ فارق الوصول بين نوعي الأمواج هذين، يؤفّر لُعلماء الجيولوجية معلومات قيمة حول مركز الزلزلة. كذلك فإنَّ أنكسار هذه الأمواج عبر المواد المختلفة يكشف نوعية التغيرات في باطن الأرض.

الأمواج الثانوية لا تستطيع عبور اللب السائل، فتُحجّر في هذه المنطقة؛ بينما تعبر الأمواج الأولية.

## الموهو

يعرّف الحدّ الفاصل بين قشرة الأرض والدثار بالانقطاع الموهوروفيشكي أو الموهو - نسبة إلى الجيولوجي اليوغوسلافي أندريا موهوروفيشيك (١٨٥٧-١٩٣٦) الذي اكتشفه عام ١٩١٠. درس موهو في براغ (تشيكوسلوفاكيا) ودرس في زغرب بيوغوسلافيا. وقد لاحظ أنَّ أمواج الزلازل تتغير عند مرورها عبر الطبقتين.





## مجال الأرض المغنطيسي

تعمل الأرض كيمغنطيس ضخم. والمغنطيس كما نعلم (أنظر ص ١٥٤-١٥٥) يجذب مواد معينة (كالحديد) إذا تواجدت في نطاق حوله يعرف بالمجال المغنطيسي. ولكل مغنطيس قطبان تميل المواد المغنطيسية إلى التجمع حولهما. قطبا الأرض المغنطيسيان يقعان قرب القطبين الجغرافيين الشمالي والجنوبي؛ ويعرف مجالهما حول الأرض بالغلاف المغنطيسي - وهو غلاف مشحون يمتد بعيدا في الفضاء ويبقي الحياة على كوكبنا من إشعاعات الشمس المؤذية. ويتخذ الغلاف المغنطيسي للأرض شكل قطرة دمع بفعل التيار المستمر من الجسيمات المشحونة الصادرة من الشمس، والمعروف بالرياح الشمسية.

### تأثيرات الرياح الشمسية على مجال الأرض المغنطيسي

تُعرف حدود المجال بمنطقة الركود المغنطيسي. يجذب بعض هذه الجسيمات المشحونة (غالبية) من نحو القطبين.

تُعرف حدود المجال بمنطقة الركود المغنطيسي.

تُعرف حدود المجال بمنطقة الركود المغنطيسي.

تُعرف حدود المجال بمنطقة الركود المغنطيسي.

تُعرف حدود المجال بمنطقة الركود المغنطيسي.

تُعرف حدود المجال بمنطقة الركود المغنطيسي.

تُعرف حدود المجال بمنطقة الركود المغنطيسي.

تُعرف حدود المجال بمنطقة الركود المغنطيسي.

تُعرف حدود المجال بمنطقة الركود المغنطيسي.

تُعرف حدود المجال بمنطقة الركود المغنطيسي.

تُعرف حدود المجال بمنطقة الركود المغنطيسي.

تُعرف حدود المجال بمنطقة الركود المغنطيسي.

تُعرف حدود المجال بمنطقة الركود المغنطيسي.

تُعرف حدود المجال بمنطقة الركود المغنطيسي.

تُعرف حدود المجال بمنطقة الركود المغنطيسي.

تُعرف حدود المجال بمنطقة الركود المغنطيسي.

تُعرف حدود المجال بمنطقة الركود المغنطيسي.

تُعرف حدود المجال بمنطقة الركود المغنطيسي.

تُعرف حدود المجال بمنطقة الركود المغنطيسي.

تُعرف حدود المجال بمنطقة الركود المغنطيسي.

تُعرف حدود المجال بمنطقة الركود المغنطيسي.

تُعرف حدود المجال بمنطقة الركود المغنطيسي.

تُعرف حدود المجال بمنطقة الركود المغنطيسي.

تُعرف حدود المجال بمنطقة الركود المغنطيسي.

تُعرف حدود المجال بمنطقة الركود المغنطيسي.

تُعرف حدود المجال بمنطقة الركود المغنطيسي.

تُعرف حدود المجال بمنطقة الركود المغنطيسي.

تُعرف حدود المجال بمنطقة الركود المغنطيسي.

تُعرف حدود المجال بمنطقة الركود المغنطيسي.

تُعرف حدود المجال بمنطقة الركود المغنطيسي.

تُعرف حدود المجال بمنطقة الركود المغنطيسي.

تُعرف حدود المجال بمنطقة الركود المغنطيسي.

تُعرف حدود المجال بمنطقة الركود المغنطيسي.

تُعرف حدود المجال بمنطقة الركود المغنطيسي.

تُعرف حدود المجال بمنطقة الركود المغنطيسي.

تُعرف حدود المجال بمنطقة الركود المغنطيسي.

تُعرف حدود المجال بمنطقة الركود المغنطيسي.

تُعرف حدود المجال بمنطقة الركود المغنطيسي.

تُعرف حدود المجال بمنطقة الركود المغنطيسي.

تُعرف حدود المجال بمنطقة الركود المغنطيسي.

تُعرف حدود المجال بمنطقة الركود المغنطيسي.

تُعرف حدود المجال بمنطقة الركود المغنطيسي.

تُعرف حدود المجال بمنطقة الركود المغنطيسي.

## مغنطيسية الأرض

### خطوط القوة المغنطيسية

تجذب خطوط القوة المغنطيسية نحو قطبي الأرض المغنطيسيين وبعيدا عنهما.

اللب الداخلي الجامد يدور بسرعة مختلفة عن بقية الأرض.

الحرارة والضغط في باطن الأرض يقيان اللب الخارجي السائل في حركة دائمة.

### مصدر المغنطيسية

يعتقد العلماء أن مصدر مغنطيسية الأرض هو الطريقة التي يتحرك بها قسما اللب الداخلي والخارجي. فاللب الداخلي الجامد يدور بسرعة مختلفة عن بقية الأرض، فيتولد المجال المغنطيسي بالقوى التي فيها التي تعمل على إدارة محرك كهربائي. ويُعتقد أن تيارات الحمل الحراري في اللب السائل تؤثر أيضا في مغنطيسية.

الدليل المغنطيسي هو منطقة أنجذاب المجال المغنطيسي بعيدا بالرياح الشمسية.

الفضاء ضمن المجال المغنطيسي يسمى الغلاف المغنطيسي.

## وليم جيلبرت

كان طبيب الملكة إليزابيث الأولى، وليم جيلبرت (١٥٤٤-١٦٠٣)، أول من أقام الدليل على أن الأرض تعمل كيمغنطيس ضخم.

وأستخدم جيلبرت في ذلك إبر البوصلات المغنطيسية الأفقية وعموديا لتحديد المغنطيسية في نقطة ما على سطح الأرض، وقطبي الأرض المغنطيسيين أو الجغرافيين.

يحوز الدوران يتمثل بخط عمودي يشر إلى المركز.

### الانعكاسات القطبية

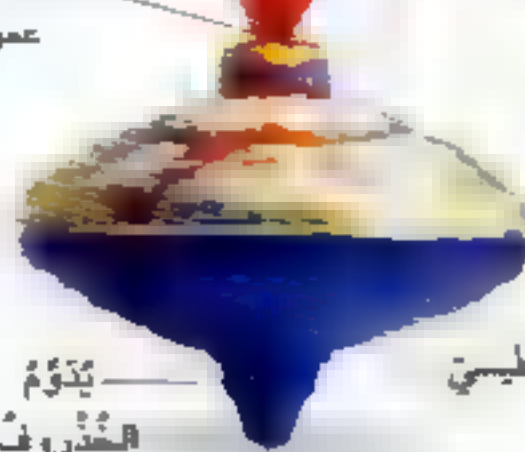
تغير المجال المغنطيسي الأرضي على الدوام. وأحيانا كانت التغيرات جذرية شيرة بحيث انعكس المجال المغنطيسي على نفيه بالكامل، فتبادل القطبان الشمالي والجنوبي المغنطيسيان موقعيهما؛ ويعرف هذا بالانعكاس القطبي. ونحن لا نعرف تديلا واضحا لذلك، لكننا نعلم أن هذا الانعكاس حدث حوالي عشر مرات في الثلاثة ملايين سنة الماضية.

### انعكاس المغنطيسية

يشير المجال المغنطيسي الأرضي على الدوام. وأحيانا كانت التغيرات جذرية شيرة بحيث انعكس المجال المغنطيسي على نفيه بالكامل، فتبادل القطبان الشمالي والجنوبي المغنطيسيان موقعيهما؛ ويعرف هذا بالانعكاس القطبي. ونحن لا نعرف تديلا واضحا لذلك، لكننا نعلم أن هذا الانعكاس حدث حوالي عشر مرات في الثلاثة ملايين سنة الماضية.

### الخزوف المدوم

يشابه الخزوف المدوم جاييا حول متحور. وبطريقة شاملة يتغير موقع القطب الشمالي والمغنطيسي الأرضي باستمرار. ويميل القطب المغنطيسي للأرض عن الجغرافي بحوالي ١١ درجة، وتعرف هذه بزاوية الميل.



يدوم الخزوف حول متحور.

### لزيد من المعلومات انظر

- المغنطيسية ص ١٥٤
- تكوين الأرض ص ٢١٠
- القارات المتحركة ص ٢١٤
- الصخور والمعادن ص ٢٢١
- الصخور سجلات جيولوجية ص ٢٢٦



### القطب المغنطيسي

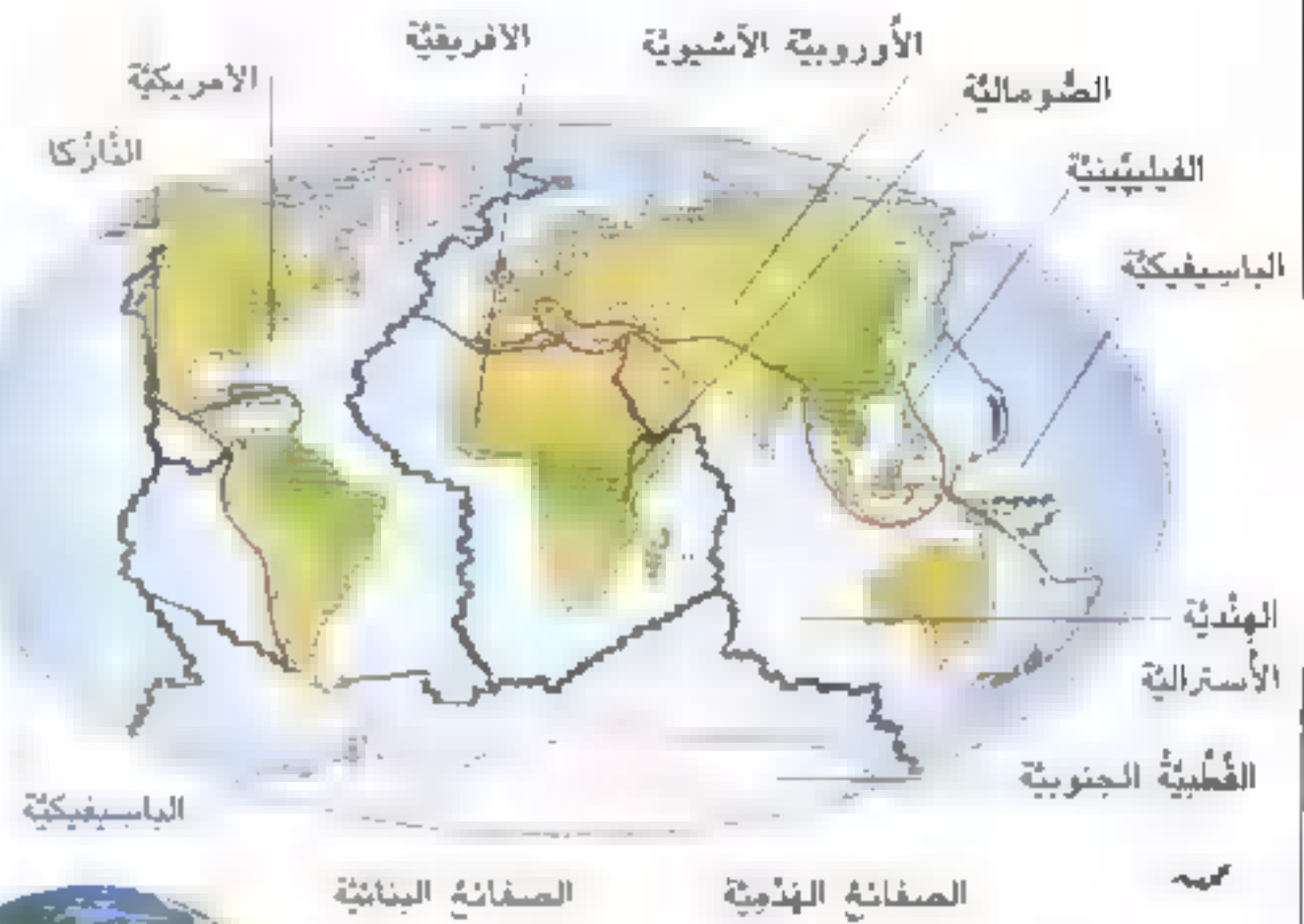
عندما يتجدد الصخر، يُسجل ويُحفظ اتجاه المجال المغنطيسي الأرضي في ذلك الزمن، بواسطة المعادن المغنطيسية المتواجدة فيه. وهذا يعني أن المجال المغنطيسي يمكن تقصيه في القطب الجنوبي منذ ٣٠٠٠ سنة كقطب هذا المعبد القديم لزمسيس الثاني.



# القارّات المتحرّكة

ظَلَّ النَّاسُ آلاَفَ السِّنِينَ يَعْتَقِدُونَ أَنَّ الْقَارَّاتِ ثَابِتَةٌ فِي مَوَاقِعِهَا دَوَماً؛ ثُمَّ تَكشَّفَ عَكْسُ ذَلِكَ تَمَاماً فِي السَّنِينَاتِ مِنَ الْقَرْنِ الْعِشْرِينَ. قَالُوا قِيعُ أَنَّ الْقَارَّاتِ تَنْجَرِفُ بِاسْتِمْرَارٍ حَوْلَ سَطْحِ الْأَرْضِ، كَمَا جُذوعُ الشَّجَرِ الضَّخْمَةِ الطَّافِيَةِ فَوْقَ بَحْرِ لَزَجٍ؛ وَيُعْرَفُ هَذَا بِالْإِنْجِرَافِ الْقَارِّيِّ. كَذَلِكَ فَإِنَّ قِيعَانَ الْبِحَارِ يُعَادُ تَدْوِيرُهَا كُلَّ ٢٠٠ مليون سنة، ففي بعض المَواقِعِ المُسَمَّاةِ حَيوداً فِي قَاعِ الْمُحِيطِ تَرْتَفِعُ الصَّهَارَةُ (الصَّخْرُ الْمُنْصَهَرُ) مِنْ طَبَقَاتِ الْأَرْضِ الْبَاطِنِيَّةِ فَتَجْمُدُ وَتَتَحَرَّكُ نَحْوَ الْخَارِجِ قَبْلَ أَنْ تُبْتَلَعَ فِي مَوَاقِعَ تُسَمَّى أَخَادِيدَ الْمُحِيطِ. وَحَدِيثاً دُمِجَتْ فِكْرَةُ أَمْتِدَادِ قِيعَانَ الْبِحَارِ هَذِهِ مَعَ فِكْرَةِ الْإِنْجِرَافِ الْقَارِّيِّ فِي نَظَرِيَّةٍ وَاحِدَةٍ هِيَ نَظَرِيَّةُ تَكْتُونِيَّاتِ الْكُتْلِ الصَّفَائِحِيَّةِ.

## خارطة الكتل الصفائحية للعالم



## الكُتْلُ الصَّفَائِحِيَّةُ الْأَرْضِيَّةُ

يُقَسَّمُ سَطْحُ الْأَرْضِ إِلَى عَدِيدٍ مِنَ الْكُتْلِ الصَّفَائِحِيَّةِ، الشَّيْبَةُ بِالشَّقْبِ الْبَرَّانِيَّةِ لِكُرَّةِ الْقَدَمِ. كُلُّ صَفِيحَةٍ تَتَأَمَّى فِي أَحَدِ أَطْرَافِهَا مُتَحَرِّكَةً قُدَّماً ثُمَّ تُهْذَمُ فِي ظَرْفٍ آخَرَ. وَيُدْعَى ظَرْفُ الصَّفِيحَةِ الْمُتَنَامِيَةِ الْحَافَّةِ الصَّفِيحَةِ الْبَنَانِيَّةِ، وَتَقَعُ هَذِهِ الْخَوَافِثُ عَلَى ظُفُوفِ الْحَيُودِ الْمُحِيطِيَّةِ. وَيُدْعَى ظَرْفُ الصَّفِيحَةِ حَيْثُ يَجْرِي الْهَدْمُ الْحَافَّةِ الصَّفِيحَةِ الْهَدْمِيَّةِ، وَتَقَعُ هَذِهِ الْخَوَافِثُ عَلَى ظُفُوفِ الْأَخَادِيدِ الْمُحِيطِيَّةِ. وَالْقَارَّاتُ مُرَسَّخَةٌ فِي هَذِهِ الْكُتْلِ الصَّفَائِحِيَّةِ وَتَتَحَرَّكُ بِخَرُوكَانِهَا.

إِذَا تَصَادَمَتِ قَارَّاتَانِ وَلَمْ تُخَفَّفْ إِحْدَاهُمَا (سَقْلًا) فَإِنَّهُمَا تَتَفَضَّضَانِ فَقَطْ لِشَكْلَا سِلَاسِلٍ جَبَلِيَّةٍ.

مُنْذُ ٢٠٠ مليون سنة

مُنْذُ ٥٠ مليون سنة

الزَّمنُ الْحَاضِرُ

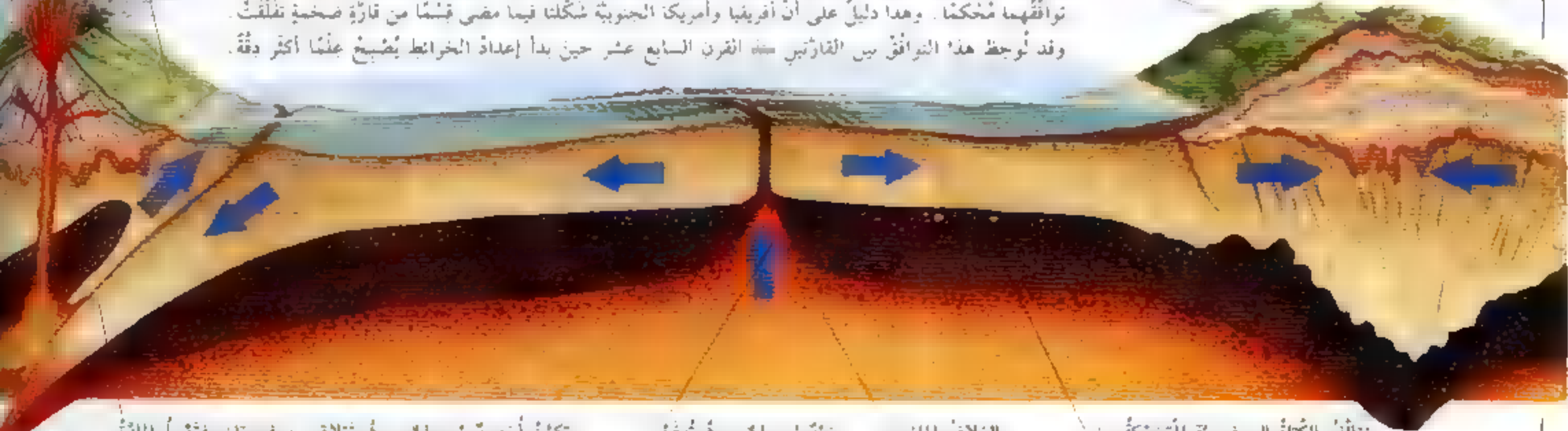


تَتَصَادَمُ الْكُتْلُ الصَّفَائِحِيَّةُ دَافِعَةً الْبَاسِيَّةَ إِلَى أَعْلَى لِشَكْلِ الْجِبَالِ.

يُطْلَقُ الْجِيُولُوجِيُونِ عَنِ كُتْلَةِ الْبَاسِ الصَّفِيحَةِ الَّتِي تَوَاجَدَتْ مِنْذُ مِلْيَارَيْنِ السَّنِينَ الْأَسْمَ بِأَنْجِيَا، أَيْ أَمَّ الْقَارَّاتِ.

## القارّاتُ المُتَشَابِكَةُ

لَعَلَّ الدَّلَالَةَ الْأَكْثَرَ وَضُوحًا عَلَى تَحَرُّكِ الْقَارَّاتِ هِيَ أَشْكَالُهَا. فَالسَّاحِلُ الْغَرْبِيُّ لِأَفْرِيقِيَا وَالسَّاحِلُ الشَّرْقِيُّ لِأَمْرِيكَا الْجَنُوبِيَّةِ يَتَدَوَّانِ كَقِطْعَتَيْنِ مُوَالِفَتَيْنِ مِنْ أَحْجَبَةٍ ضَوْفٍ مُقَطَّعَةٍ - بَحْثٌ لَوْ قَرَّبَا لَكَانَ تَوَافُقُهُمَا مُحْكَمًا. وَهَذَا دَلِيلٌ عَلَى أَنَّ أَفْرِيقِيَا وَأَمْرِيكَا الْجَنُوبِيَّةِ شَكَّلَا قَبْلًا مِنْ قَارَّةٍ صَحِيحَةٍ تَطْلُقَتْ. وَفَدُ لُوحِظَ هَذَا التَّوَافُقُ بَيْنَ الْقَارَّاتَيْنِ فِي الْقَرْنِ السَّابِعِ عَشَرَ حِينَ بَدَأَ إِعْدَادُ الْخَوَافِثِ يُضْبَعُ عِلْمًا أَكْثَرَ دَقَّةً.



يَتَكُونُ أَحْدُوهُ مُحِيطِيٌّ حَيْثُ تَتَلَاقَى صَفِيحَتَانِ، فَتَهْبِطُ الْمَادَّةُ الصَّفِيحِيَّةُ الْقَدِيمَةُ إِلَى دَاخِلِ الدَّنَارِ وَتَتَقَوَّضُ. وَتَشَكُلُ الْبَقَايَا الْمُنْصَهَرَةُ بَرَاكِينٍ عَلَى الصَّفِيحَةِ فَوْقَهَا.

خَيْدٌ مُحِيطِيٌّ حَيْثُ تُدْفَعُ مَادَّةٌ صَفِيحِيَّةٌ جَدِيدَةٌ إِلَى أَعْلَى.

تَتَأَلَّفُ الْكُتْلَةُ الصَّفِيحِيَّةُ الْمُتَحَرِّكَةُ مِنَ الْقَشْرَةِ الْمَحِيطِيَّةِ وَالطَّبَقَةِ الْعُلْيَا الْجَامِدَةِ مِنَ الدَّنَارِ.

## فِرْدَرِيك قَايِن وَدِرَامُونْد مَاتْيُوز

لَيْسَ مِنَ الْعَسِيرِ إِيجَادُ شَوَاهِدٍ عَلَى تَحَرُّكِ الْقَارَّاتِ، لَكِنْ الْعَسِيرُ هُوَ إِيجَادُ عِلَامَاتٍ دَلَالِيَّةٍ عَلَى أَمْتِدَادِ قِيعَانَ الْبِحَارِ. وَكَانَ الْجِيُولُوجِيَانِ الْبَرِيطَانِيَانِ، فِرْدَرِيك قَايِن وَدِرَامُونْد مَاتْيُوز، أَوَّلَ مَنْ أَدْرَكَ أَهْمِيَّةَ أَحَدِ هَذِهِ الْأَدِلَّةِ، عَامَ ١٩٦٣. قَيَّيْنَا أَنَّ نَمَطَ الْحُزْرِ الْمَغْنَطِيسِيَّةِ فِي صُخُورِ قِيعَانِ الْبِحَارِ هُوَ بُرْهَانٌ مُقْنِعٌ عَلَى أَمْتِدَادِ هَذِهِ الْقِيعَانِ.



د. مَاتْيُوز



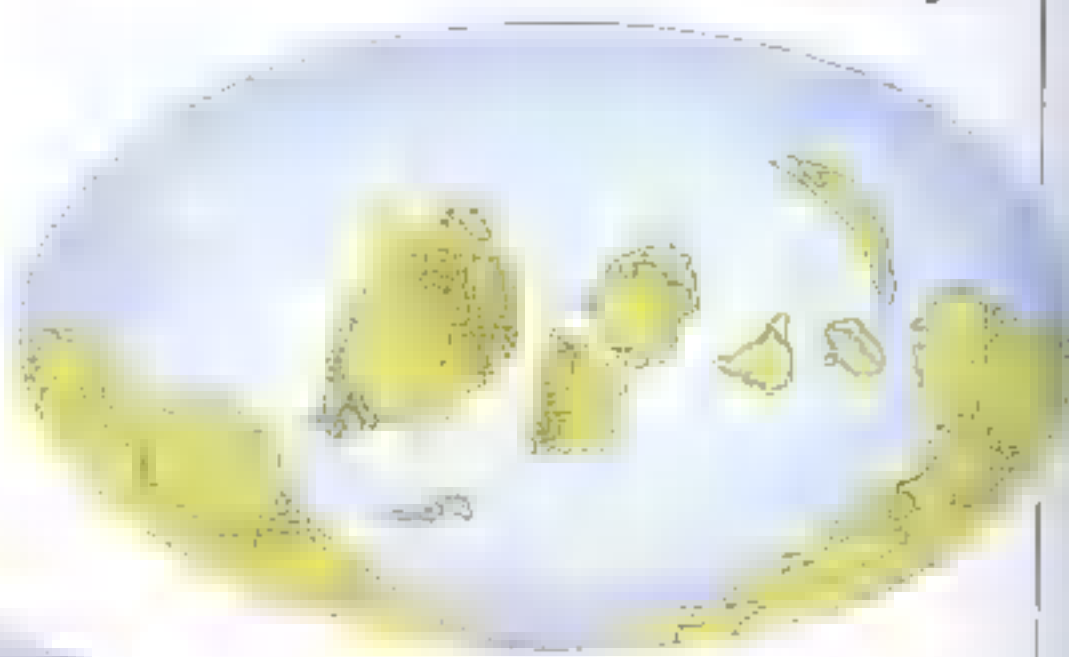
د. قَايِن

## الغلاف الصخري

تَتَأَلَّفُ الصَّفَائِحُ الْأَرْضِيَّةُ مِنَ الْقَشْرَةِ وَمِنَ الطَّبَقَةِ الْعُلْيَا الْجَامِدَةِ لِلدَّنَارِ. وَتُعْرَفُ هَذِهِ الطَّبَقَةُ بِالْغِلَافِ الصَّخْرِيِّ. تَحْتَ هَذَا الْغِلَافِ تَوْجَدُ طَبَقَةٌ مِنَ الدَّنَارِ، تُدْعَى الْغِلَافُ الْمَانِعُ، وَهِيَ طَبَقَةٌ رَخْوَةٌ تَزَلُّ أَنْتِيبَابِ الصَّفَائِحِ الْجَامِدَةِ فَوْقَهَا. فِي الْحَيُودِ الْمُحِيطِيَّةِ، تَتَخَلَّقُ الصُّخُورُ الْمُتَصَلِّبَةُ بِفِعْلِ الْبَرَاكِينِ، وَهَذَا يَدْفَعُ صَفِيحَتَيْنِ بَعِيدًا عَنْ بَعْضِهِمَا. أَمَّا الْأَخَادِيدُ الْمُحِيطِيَّةُ فَتَتَكَوَّنُ حَيْثُ تَتَلَاقَى صَفِيحَتَانِ وَتُخَفَّفُ (أَوْ تُطْرَحُ) إِحْدَاهُمَا تَحْتَ الْأُخْرَى وَتُذَمَّرُ.



## تَحْرُكُ القَارَاتِ



## شَوَاهِدُ أُمِّ القَارَاتِ

هناك العديد من الشواهد على أن اليابس من الأرض كان فيما مضى قارة واحدة. والعديد من البراهين يُثبت ذلك، فقد وجد الجيولوجيون، مثلاً، أجزاء من السلسلة الجبلية القديمة نفسها في قارات مختلفة. كما وجدت أيضاً أحافير للحيوانات نفسها منتشرة في مختلف أرجاء الأرض، مما يبين أن هذه الحيوانات تواجدت سابقاً في قارة واحدة ضخمة.

## أُمُّ القَارَاتِ

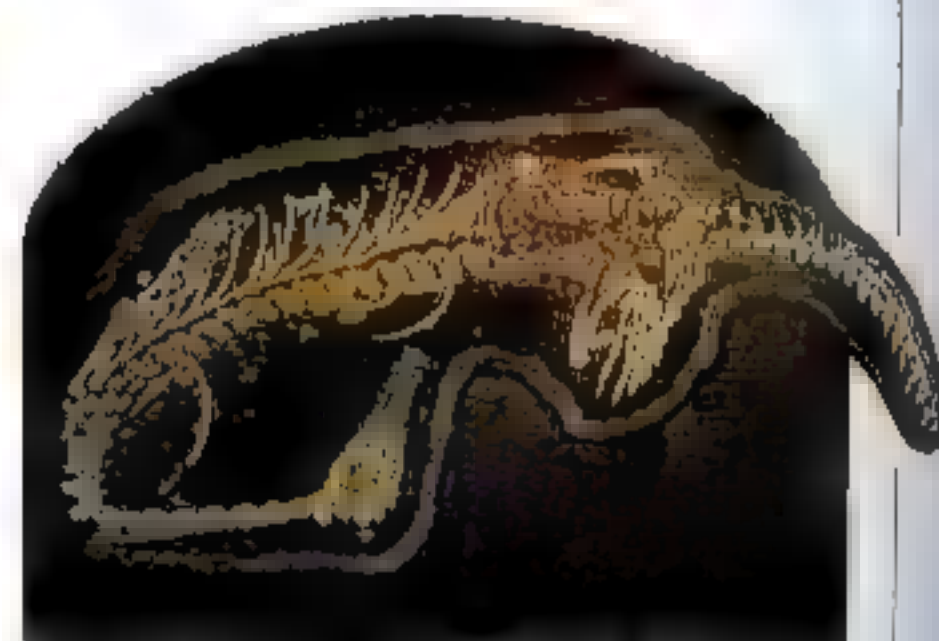
وُجِدَتْ أحافير ذواحف المياه القديمة السباحة -ميزوسورس برازيلينسيس- في جنوب إفريقيا والبرازيل.

## ما قَبْلَ أُمِّ القَارَاتِ

قبل أُمِّ القَارَاتِ، كانت كتل اليابسة قارات منفصلة منتشرة عبر الكرة الأرضية. لكنها كانت مختلفة جداً عن القارات اليوم. ثم أخذت تلك القارات تتقارب بعضها نحو بعض ببطء شديد.

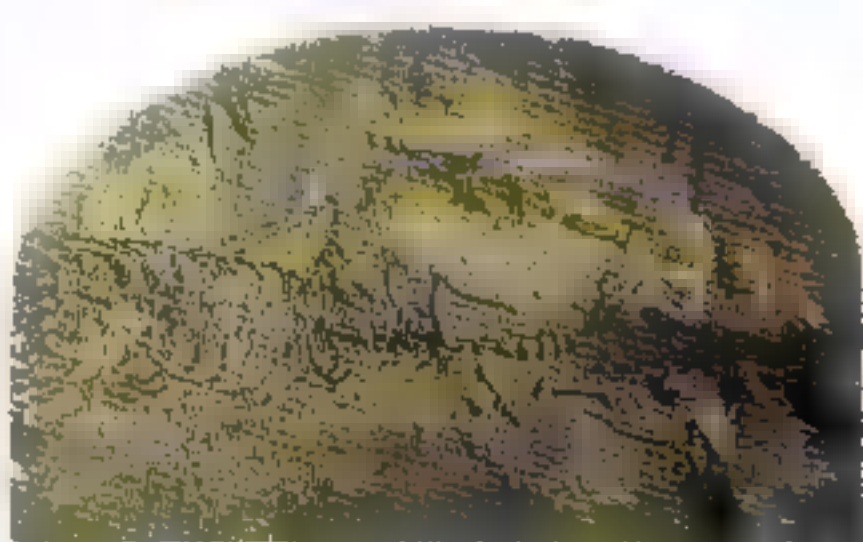
## مُسْتَقْبَلُ القَارَاتِ

منذ حوالي ٢٠٠ مليون سنة، بدأت أُمُّ القَارَاتِ بالتفكك وانفصلت قارات اليوم متباعدة بعضها عن بعض. ولا يزال هذا التباعد مستمراً مُتدبِّدً بضعف ستينيات في السنة (تقريباً بضعف تمر أظفار أصابعك). فتواقع القارات اليوم في مواقع مؤقتة؛ وقد تكون خارطة العالم في المستقبل غريبة بقدر غرابة خريطة العالم قديماً.

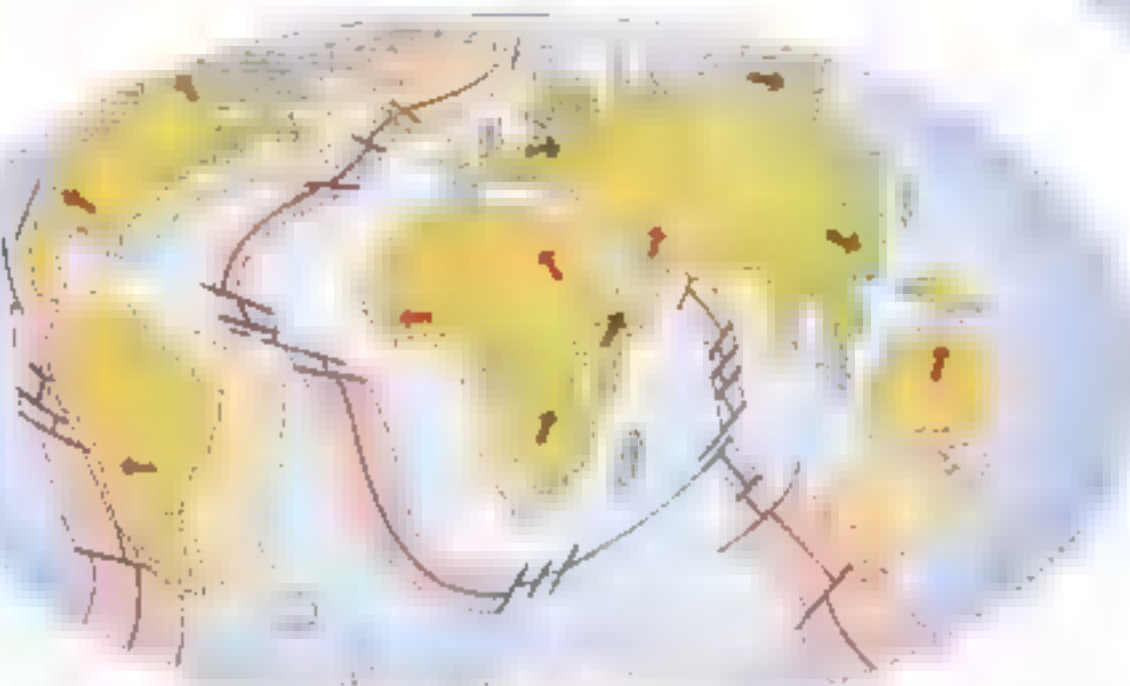


## شَاهِدُ أَخْفَوْرِي

أحافير حيوان الميزوسورس التي عُثِرَ عليها في البرازيل مطابقة تماماً لأحافيره التي وُجِدَتْ في إفريقيا الجنوبية. إن مثل هذا الحيوان يستحيل عليه قَطْعُ المحيط الأطلنطي، مما يبين أنه عاش في عصر كانت أمريكا وإفريقية فيه متصلتين. فعندما تباعدت القارتان فصل المحيط الأطلنطي بين الأحافير. كما وُجِدَتْ أيضاً أحافير الثبات نفسه، من العنبر نفسه، في أمريكا الجنوبية وإفريقية والهند وأستراليا ومنطقة القطب الجنوبي.



وُجِدَتْ أحافير ذواحف المياه القديمة السباحة -ميزوسورس برازيلينسيس- في جنوب إفريقيا والبرازيل.



ستبقى حركة القارات عما هي اليوم للرسم الخارطة المتوقعة للأرض في المستقبل البعيد.

في هذا «العالم الجديد» تقف أستراليا كثيراً نحو الشمال وانفصلت الأمريكيتان واجدتهما عن الأخرى.

## كولمبوس

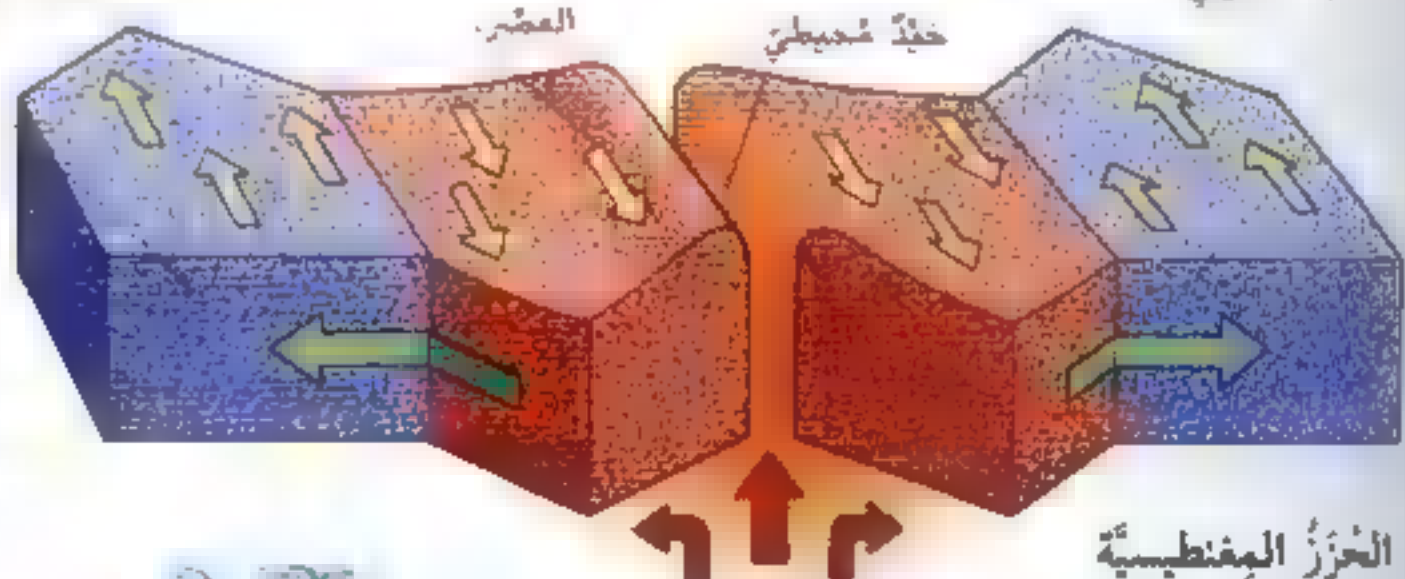
عام ١٤٩٢، أبحر المكتشف الإيطالي المولد، كريستوفر كولمبوس، عبر الأطلنطي واستغرقت رحلته ٧٠ يوماً. ولو أنه قام برحلته في وقتنا الحاضر لاستغرقت الرحلة ذاتها أكثر بقليل! إذ إن المسافة بين أمريكا الشمالية وأوروبا اليوم أبعد قليلاً عما كانت عليه في حينه - فالمحيط الأطلنطي أوسع الآن بفثرة أمتار عما كان عليه منذ ٥٠٠ سنة!

سفينة كولمبوس



كل بضعة ملايين سنة، يتعكّر المجال المغنطيسي للأرض، فيصبح القطب الشمالي قطباً جنوبياً، وتكتسب الصخور، المتكونة في ذلك العصر، تراصفاً مغنطيسياً معكوساً.

هذه الصورة تبيّن خُرُزاً مغنطيسية في كل طبقة من الخيد المحيطي. عندما يتجسّد الصخور من الخيد، فإنه يتمغنط باتجاه الشمال المغنطيسي لذلك العصر.

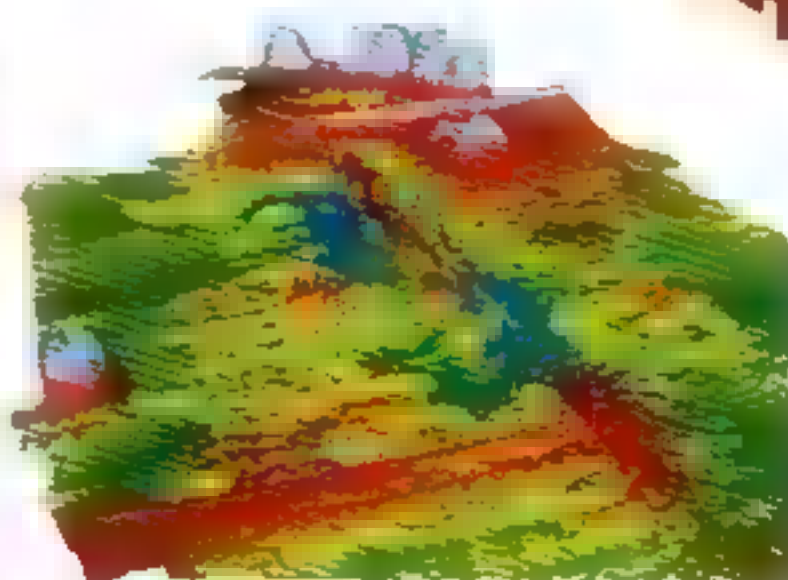


## الخُرُزُ المغنطيسيّة

تتمغنط صخور قاع البحر خُرُزاً، دلّ شريحة الصخرية الممغنطة باتجاه القطب الشمالي المغنطيسي الحالي. توضع موازية للشريحة الممغنطة سابقاً باتجاه عكاس. وقد وجد الجيولوجيون هذا النمط نفسه من الخُرُزِ على جانبي الخيد المحيطي؛ وذلك دليلٌ بَيِّنٌ على اتّداد قيعان البحار.

## قَاعُ المُحِيطِ

الصخور المتأخّجة للخيد المحيطي صخورٌ نظيفة تماماً، لأنه لم يتسّر لها وقتٌ كافٍ لتجميع الرّسوبات. أمّا الصخور البعيدة عن الخيد المحيطي، فهي مكثّفة بطبقات سميكة من الرّسوبات المترامية - مما يبيّن أن قاع المحيط هناك أقدم. وهذا شاهد إضافي على اتّداد قيعان البحار.



## لزيد من المعلومات انظر

- القوى ص ١١٤
- بنية الأرض ص ٢١٢
- نشوء الجبال ص ٢١٨
- البحار والمحيطات ص ٢٣٤
- الأرض ص ٢٨٧



# البراكين

إذا تَرَجَّ قَنِينَ شَرَابٍ قَوَّارٍ بِشِدَّةٍ وَتَفَتَّحَهَا، فَالضَّغْطُ الَّذِي يَدْفُقُ السَّائِلَ رَشَاشًا عَبْرَ فُوهَةِ الْقَنِينِ شَبِيهٌ، مِنْ حَيْثُ الْمَبْدَأُ، بِالضَّغْطِ الَّذِي يُسَبِّبُ ثَوْرَانَ الْبَرَاكِينِ. يَبْتَعِثُ التَّفَجُّرُ الْبِرْكَانِيَّ الْعَنِيفُ سُحْبًا كَثِيفَةً مِنَ الرَّمَادِ وَمَقْدُوفَاتٍ مِنَ الْحَمَمِ اللَّائِيَّةِ اللَّاهِبَةِ تَسَابُ مُتَوَهِّجَةً عَلَى السُّفُوحِ الْمُجَاوِرَةِ. يَثُورُ الْبِرْكَانُ عِنْدَمَا تَبْدَأُ الْكُتْلُ الصَّفَانِحِيَّةُ الصَّخْرِيَّةُ، الَّتِي تَوَلَّفَتْ سَطْحَ الْأَرْضِ، بِالتَّحَرُّكِ. فَعِنْدَ أَصْطِدَامِ صَفِيحَتَيْنِ قَدِيمَتَيْنِ وَأَنْسِحَاقِ إِحْدَاهُمَا تَحْتَ الْأُخْرَى تَنْصَهَرُ الصَّفِيحَتَانِ وَيَتَّجُ مِنْ ذَلِكَ بُرْكَانٌ عَنِيفٌ الطَّرَازُ. وَمِنْ الْبَرَاكِينِ أَنْوَاعٌ أُخْرَى تَتَكَوَّنُ عِنْدَ تَشَكُّلِ صَفَائِحٍ جَدِيدَةٍ؛ فَتَرْتَفِعُ الصُّهَارَةُ عَبْرَ الدَّثَارِ وَتَتَبَيِّقُ كِبَرَاكِينَ هَادِئَةً. تَقَعُ بَعْضُ الْبَرَاكِينِ بَعِيدًا عَنْ حَوَافِّ الْكُتْلِ الصَّفَانِحِيَّةِ فَوْقَ بُقْعَةٍ نَاشِطَةٍ جَدًّا فِي الدَّثَارِ الْأَرْضِيِّ.



بومبي

في العام ٧٩ ب.م. ثَارَ بُرْكَانُ جَبَلِ فِيزُوفٍ وَظَهَرَ مَدِينَةُ بَوْمَبِي الرُّومَانِيَّةُ عِنْدَ سَفْحِهِ وَمَا فِيهَا بِالرَّمَادِ وَالْحَمَمِ، فَلَمْ يُكْشَفْ عَنْهَا إِلَّا حِوَالَى الْعَامِ ١٧٤٨. وَاللَّاقَتْ أَنْ أَجْسَادَ النَّاسِ وَحَيَوَانَاتِهِمْ تَرَكَّتْ تَعَاوِيَفَ فِي الرَّدَمِ الْبِرْكَانِيِّ أَمْكَنَ تَعَبُّثُهَا بِالْجِنْسِ وَالْحَصُولِ عَلَى نَمَاطٍ لِيَتَّعِضَ الصَّحَابَا.

سُحِبَتْ مِنَ الرَّمَادِ وَالْقَبَارِ قَسْبِطِيَّةُ الشَّكْلِ تُقَذَّفُ فِي الْجَوِّ، وَتُغَطِّي الْمَنَاطِقَ الْمُحِيطَةَ.

## بُرْكَانُ أَنْدِيرِزِيَّتِي

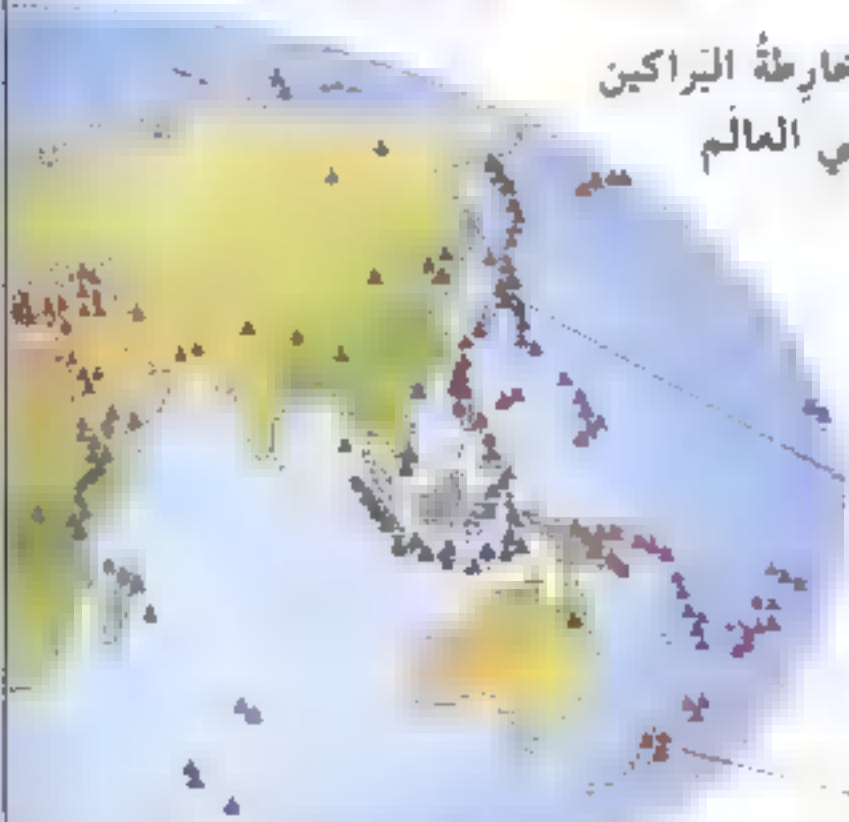
الْبُرْكَانُ الْأَنْدِيرِزِيَّتِيُّ مَخْرُوطٌ حَادٌّ الْجَوَانِبِ يَتَكَوَّنُ عِنْدَمَا تَنْصَهَرُ مَوَادُّ الصَّفَائِحِ الْمُتَنْصَهَرَةِ مِنَ الْأَرْضِ. وَيَتَعَاظَمُ الْبُرْكَانُ تَدْرِيجِيًّا بِتَرَاكُمَاتِ اللَّابَةِ الْبَاطِنَةِ الْأَنْسَابِ وَخَلِيقَاتِ الرَّمَادِ. وَتُعْرَفُ اللَّابَةُ الْمَسْمُوكَةُ الَّتِي يَكُونُهَا هَذَا النُّوعُ مِنَ الْبَرَاكِينِ بِاسْمِ أَنْدِيرِزِيَّت.

سُحْبٌ مُتَاجِجَةٌ  
مِنَ الْغَازِ  
وَالْجُسيمَاتِ  
الْمُتَوَفِّجَةِ تَنْسَابُ  
عَلَى سَفُوحِ جَبَلِ  
مَنْتُوْرِيلِنْدَا، فِي  
أ.ب. ١٩٦٨.

## السُّحُبُ الْمُتَاجِجَةُ

الْبَعَثَاتُ الضَّغْطُ فَجَاءَ مِنَ اللَّابَةِ الْأَنْدِيرِزِيَّتِيَّةِ الْمُنْدَفِقَةِ عَلَى السُّطْحِ، يَخْدُثُ سَحَابَةٌ مُتَاجِجَةٌ تُسَمَّى أَحْبَابًا الْهَبَارِ الْمُتَاجِجِ تَتَأَلَّفُ مِنَ الْغَازَاتِ وَشَطَائِهَا الصَّخْرِ وَالرَّمَادِ، فِي دَرَجَةِ الْخَرَارَةِ الْبَيْضَاءِ، تَنْسَابُ فَوْقَ التَّلَالِ وَالْأَوْدِيَةِ بِسُرْعَةٍ قَدْ تَصَلَّى إِلَى ١٠٠ كَم/سَاعَةٍ سَافِعَةً كُلَّ شَيْءٍ وَخَافِقَةً كُلَّ خَيْ فِي طَرِيقِهَا.

## خَارِطَةُ الْبَرَاكِينِ فِي الْعَالَمِ



هَآوَاي

جَبَلُ فُوجِي  
بِالْيَابَانِ

مَنْتُوْرِيلِنْدَا

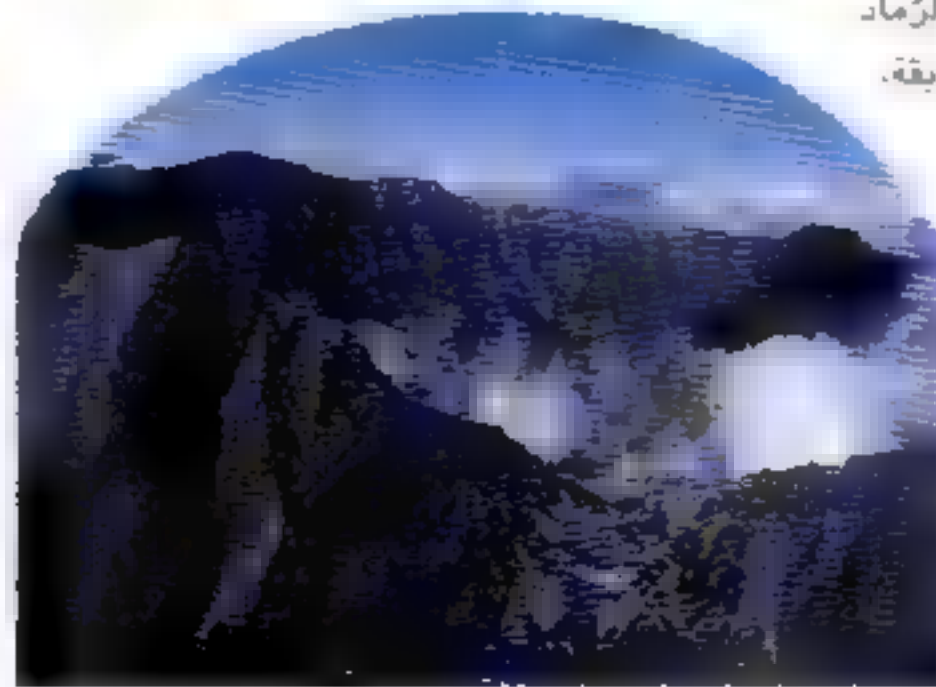
يَتَقَوَّضُ سَفْحُ الْجَبَلِ مُطْلَقًا  
سُحْبًا مُتَاجِجَةً تُغَطِّي سَمَاءَ  
الْمِيطَقَةِ بِسُرْعَةٍ.

يَتَجَدَّدُ الْفَتْقُ الْبِرْكَانِيَّ  
شَكْلَ الْقَمْعِ، وَيَكُونُ  
مَمْلُوءًا جَرْدِيًّا بِالرَّمَادِ  
مِنْ ثَوْرَانَاتٍ سَابِقَةٍ.

غَالِبًا مَا تَتَجَمَّعُ اللَّابَةُ  
الْأَنْدِيرِزِيَّتِيَّةُ فِي الْفَتْقِ  
الْبِرْكَانِيِّ، فَتَشُدُّ قُوَّتُهَا  
وَمَعَ تَكَثُّرِ الضَّغْطِ يَتَعَرَّضُ  
الْبُرْكَانُ لِلْانْفِجَارِ الْمُفَاجِئِ.

## ثَوْرَانُ أَنْدِيرِزِيَّتِي

الْبُرْكَانُ الْأَنْدِيرِزِيَّتِيُّ النَاشِطُ بُرْكَانٌ عَنِيفٌ جَدًّا، يُمَكِّنُ ثَوْرَانَهُ فِي أَيِّ لَحْظَةٍ، وَتُسَبِّبُ انْفِجَارَاتُهُ أَضْرَارًا بِالْعَةِ. وَقَدْ يُرْسِلُ هَذَا النُّوعُ مِنَ الثَّوْرَانِ سُحْبَ الرَّمَادِ وَالْقَبَارِ الْحَارِّينِ إِلَى مَسَافَاتٍ بَعِيدَةٍ جَدًّا. الصُّورَةُ الْمُقَابِلَةُ تُظَهِّرُ بُرْكَانَ أَنْدِيرِزِيَّتِي بَعْدَ ثَوْرَانِهِ.



فِي عَامِ ١٩٨٠، ثَارَ  
بِرْكَانُ أَنْدِيرِزِيَّتِي فِي  
جَبَلِ الْقَلْبِيْسَةِ  
هَيْلَانَةَ بِالْوَلَايَاتِ  
الْمُتَّحِدَةِ، فَدَخَلَ  
وَسَاحَاتُ شَاسِعَةٍ  
مِنَ الْعَاقِبَاتِ.

بِرْكَانُ بَارَزِلِيَّتِي

## مَنَاطِقُ الْبَرَاكِينِ الْبَارَزِلِيَّتِيَّةِ

تَوْجَدُ الْبَرَاكِينُ الْبَارَزِلِيَّتِيَّةُ حَيْثُ تَرْتَفِعُ مَادَّةُ الدَّثَارِ لِتَكُونُ صَفَائِحَ جَدِيدَةً؛ وَهِيَ نَادِرًا مَا تَظْهَرُ فَوْقَ سَطْحِ الْبَحْرِ، أَمَّا بَرَاكِينُ النَّظْمِ الْحَارَّةِ، كَتِلْكَ الْمُتَوَاجِدَةِ فِي هَآوَاي، فَقَدْ تَتَكَوَّنُ بَعِيدًا جَدًّا عَنْ حَافَةِ الصَّفِيحَةِ.



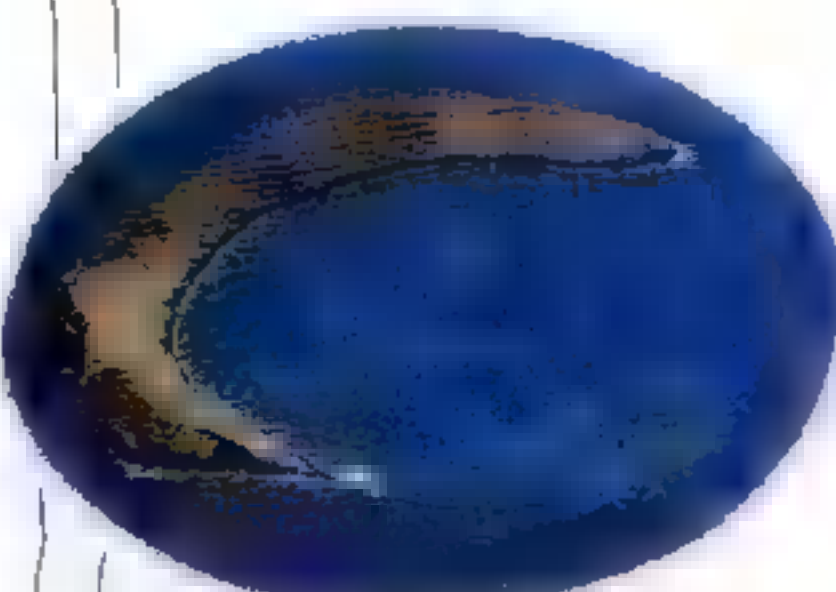
## بركة طينية

قد يتعرض الماء السارِب في الأرض في منطقة بُركانية للتسخين بفعل الصخور النشطة الحامية. تَنْفُثُ الصخور الساخنة الغازات البركانية فتُحْمِطُها، وهكذا فإن الحامض الساخن الذي تمتصه الصخور يُنتِج حمأة تشبه إلى السطح بركة من الطين الغالي. وتُعتبر البركة الطينية في مَنَازِلَة يلوستون الوطني بالولايات المتحدة مغلقة مُنْذُ قِصْدَةِ السَّيَاح.



## النُّطق الحارّة

في أعماق الدُّنَا الأرضي هناك مناطق شديدة الحرارة والاضطراب. تُعرَفُ بالنُّطق الحارّة. تكون الأوصاع فيها مُهيأة لتكوين البراكين البازلتية على القشرة فوقها. وتُعملُ تحرك الكتل الصفائح المُستمر على تكوين خط سلسلي من البراكين.



جزيرة في نطاق حار مُتفجّر بهاواي.

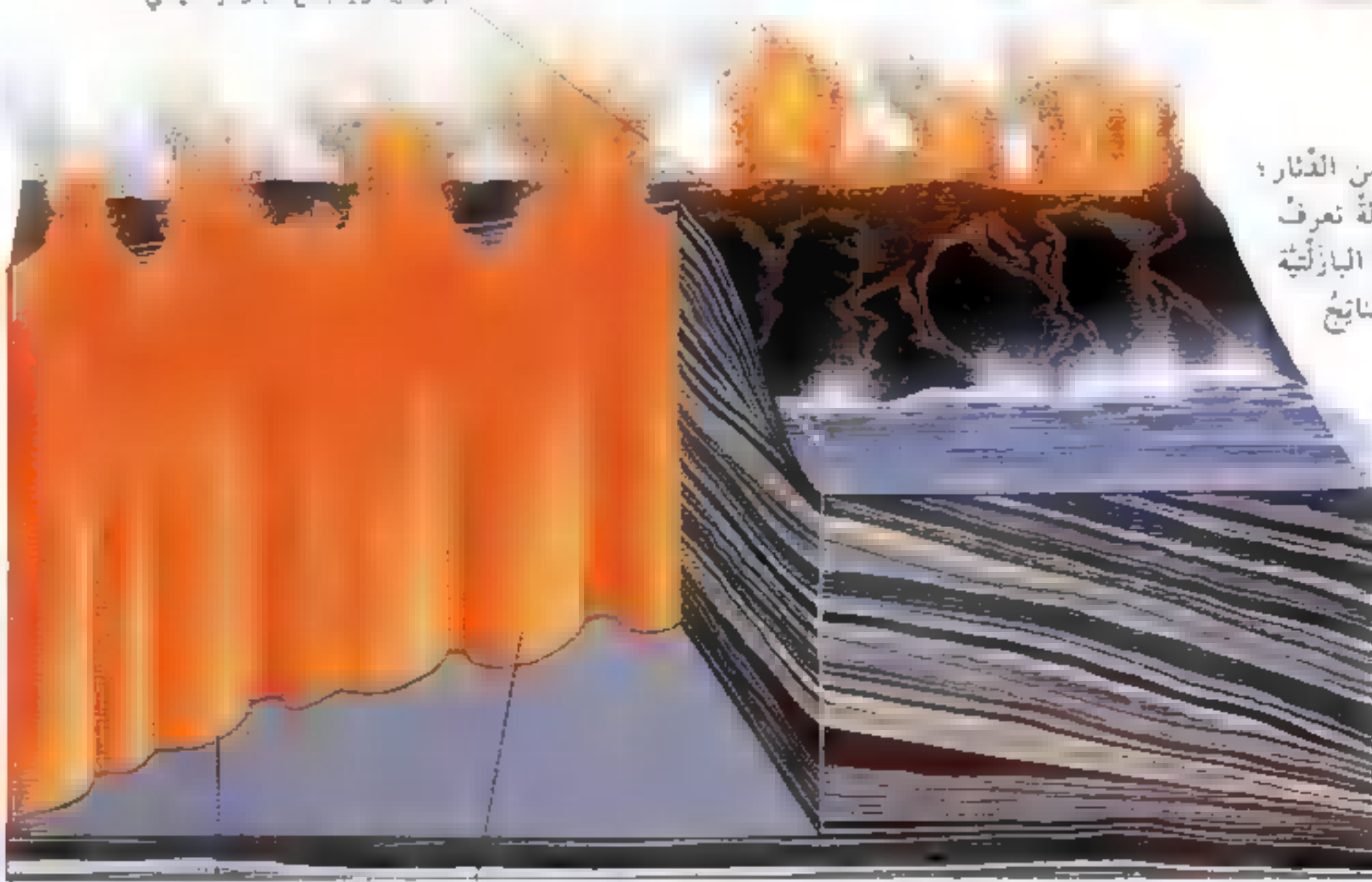


## الحمات (ينابيع المياه الحارة)

تندفق المياه التي تُسخنها الصخور البركانية إلى السطح في حُمامات ماء وبخار. وغالبًا ما تتكوّن شبكة من الحُجرات تحت الأرض. فإذا تحرّرت المياه في إحداها، يُدْفَعُ الماء بالتدبُّد الحاصل إلى السطح. وينتفخ الضغط المُخفّف بتوليد مزيد من البخار، فيُعضفُ بالماء ضَغْدًا مُتدَفِّعًا من الأرض كنافورة ماء غالي تُسمّى حُمّة.

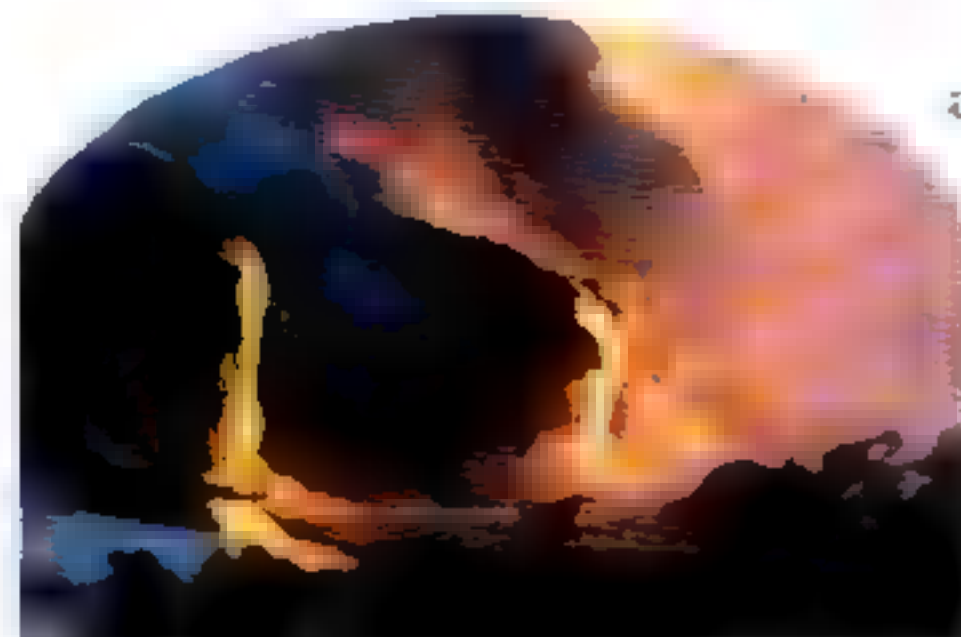
## البركان البازلتية

في بقاع كالنُّطق الحارّة، ترتفع المواد المنصهرة من الدُّنَا؛ فإذا نَمَّ لها أخيراً السطح، تُكوّنُ لابة سوداء سيّالة تُعرف بالبازلت. وبخلاف اللابة الأنديزيتية تُسبب اللابة البازلتية عادة مسافات طويلة قبل أن تتجمّد. لذا فالبركان الناتج عريض وخفيض، ويُعرف بالبركان المخني. تقع مُعظم البراكين البازلتية في أعماق البحار، فعندما تُندفُ اللابة في الماء تُبرّد بسرعة تُنتِج فقاعة تُسمى اللابة الوساوية. أمّا على اليابسة، فيُبرّد البازلت المنصهر في الهواء كنافورة لهب. وقد تتجمّد القطرات أثناء طيرانها فتتحوّل إلى قنابل بركانية.



يتجمّد تدفق اللابة الضخم من الإنذاعات البازلتية ويتجمّع كقنابل فُلْضي.

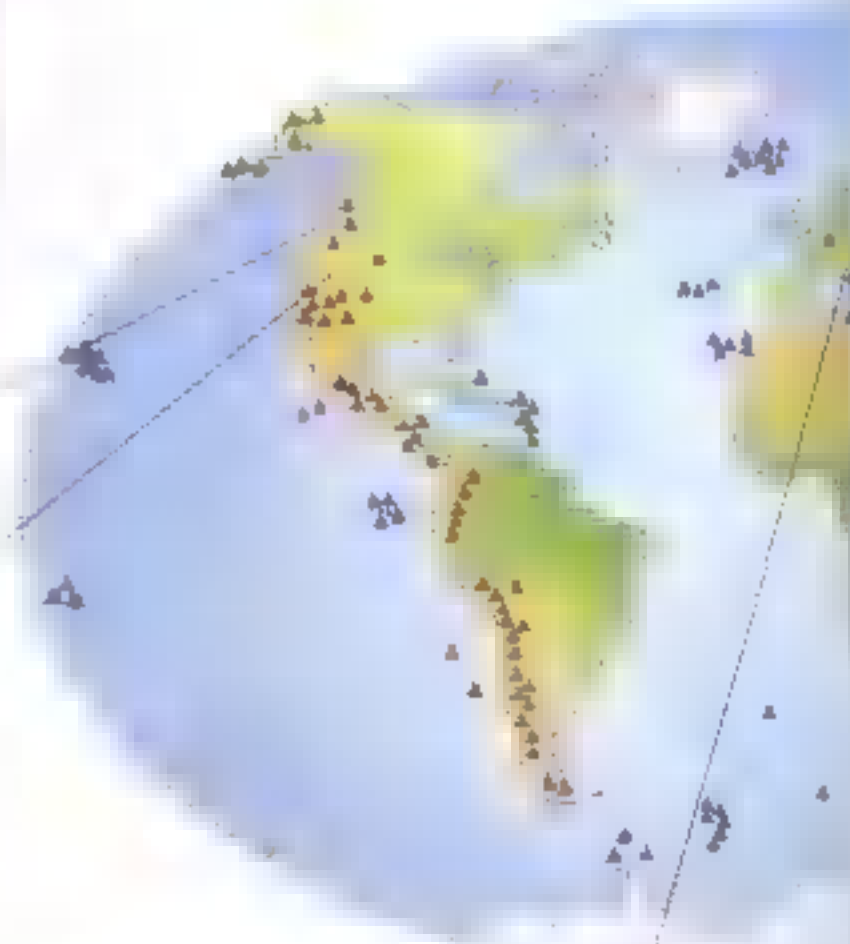
تحت كل بركان هناك حجرة صهارية هي مستودع من المواد المنصهرة. يُغذي الإنذاع البركاني. طُفِعَ الشقوق، الذي ترتفع فيه اللابة عبر صدوع طويلة، واسع الانتشار في البراكين البازلتية.



لابة منصهرة تُسبب فوق الصخور في هاواي

جبل القديسة ميلانة بالولايات المتحدة

يلوستون بالولايات المتحدة



بركان أنديزيتي

فيروز باباطاليا

## مناطق البراكين الأنديزيتية

البراكين الأنديزيتية تُسميت باسم جبال الأنديز حيث لوحظت أولاً. وهذه البراكين تتواجد في المناطق حيث تُنتِج الواحدة من الصفائح الأرضية تحت التي عليها.

## سطوح اللابة

تسبب اللابة البازلتية بحرية، فيكون سطحها البارد قشرة، تتغطى وتتجمّد بالتحركات تحتها. وتُعرف هذه اللابة الخبثية بالهاوهر (اسمها المحلي في هاواي). وإذا تكرر هذا السطح، فإنه يكون كتلة لابة خبثية السطح تُسمى آ آ.

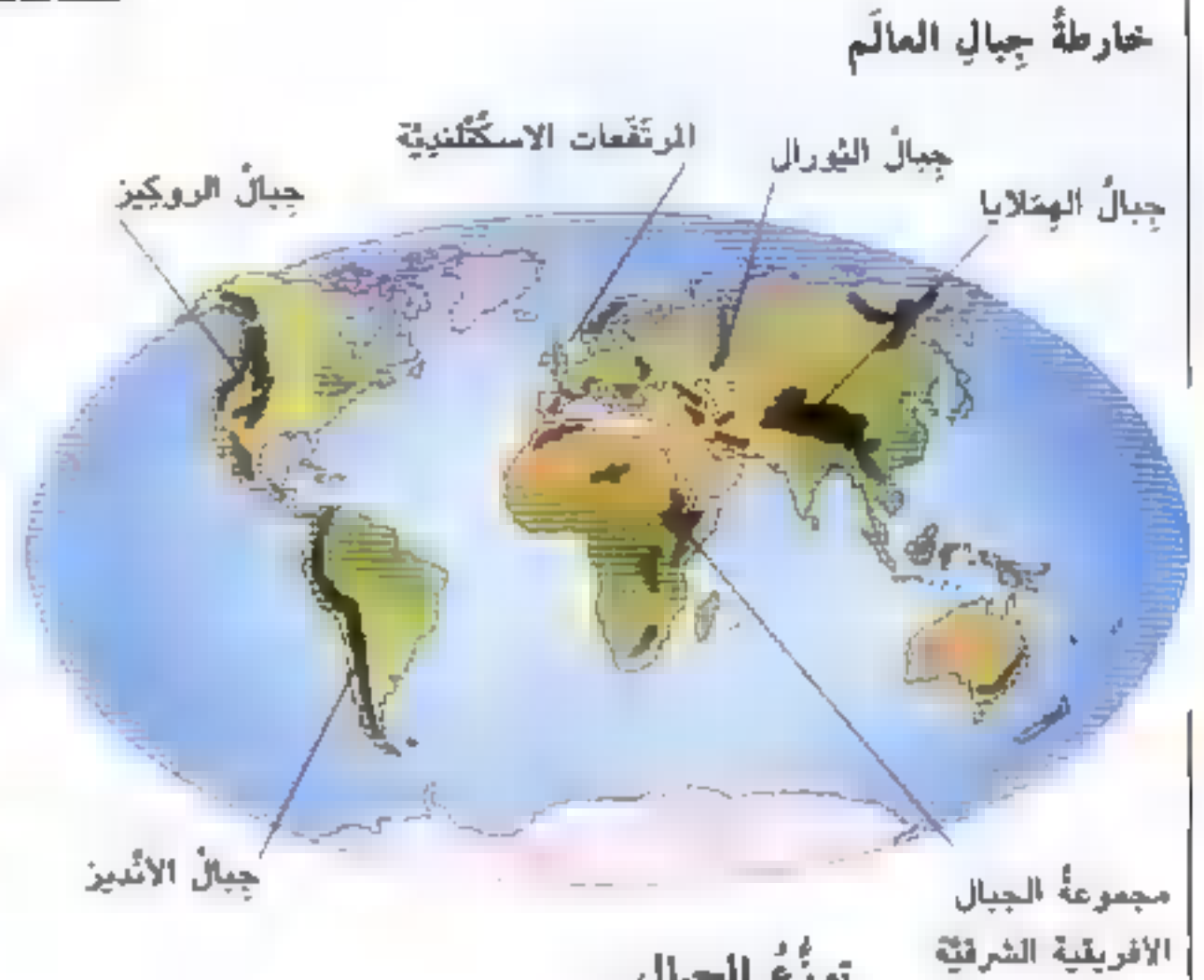
## لمزيد من المعلومات انظر

- الحوامض ص ٦٨
- القارّات المُتحرّكة ص ٢١٤
- نشوء الجبال ص ٢١٨
- الهزّات الأرضية ص ٢٢٠
- الصخور والمعادن ص ٢٢١
- رسم خرائط الأرض ص ٢٤١



# نشوء الجبال

تَشِيخُ الجبال كما يَشِيخُ الإنسان، لكن ليس سريعاً جداً مثله. فمِلسِلَة جبال الهمالايا في آسيا بدأت بالتشؤ منذ ٥٠ مليون سنة، ولا تزال شابة في دور التكوّن. تتكوّن الجبال نتيجة لتكتونيّات (حركات وقوى تشكّل) الصفائح القاريّة - وهي التكتونيّات التي تحدث في قشرة الأرض، ضاغطة وعاصِرة حوافّ القارّات. هذه القوى ترفع الجبال من الأرض قسراً. وتحدّد بعض سلاسل الجبال القديمة، كجبال الأورال في روسيا والمُرتفعات الإسكتلنديّة، مواقع تصادم الصفائح القاريّة في أزمان غابرة. نشوء الجبال ينطوي على إجهادات عظيمة تُسبب التواءات وانقطاعات تشكيليّة في الصخور يُمكنك تقصّيها في المناطق الجبليّة.



## توزّع الجبال

سلاسل الجبال الرئيسيّة على الأرض هي جبال طيّ تتكوّن بانضغاط حوافّ القارّات، أو حيث تصادم الصفائح القاريّة. أمّا الجبال الكتليّة، المتكوّنة بالمطر، فهي أقلّ لفتاً للأنظار على نطاق عالمي - علماً أنّه يُمكن تكوّن البراكين بين جبال الطيّ أو بين الجبال الكتليّة.

تتلقّى صفيحة محيطيّة تحت إحدى القارّات؛ فيتلقّى الاحتكاك الحافّة القاريّة إلى اسافين، ذافقاً كلّ إسفين منها خلفاً تحت الإسفين الذي يليه.

## جبال الطيّ: عملياً

تكوّن الاسافين القاريّة المتضدعة جُزراً وسلاسل ساحليّة وعِرة، وهي تتألّف من مزيج مُركّب من الرُسابات المحيطيّة والموادّ القاريّة.

## تكوّن جبال الطيّ

تكوّن جبال الطيّ على حافّة القارّة. فتتقشّر الصفيحة القاريّة عند ارتباطها بالصفيحة المحيطيّة التي تُحمّ تحتها. فتلتصق الجُزُر والرُسابات المنقولة مع الصفيحة المحيطيّة بحافّة القارّة؛ وتتلوى هذه مُنتجّة طريقها صعداً لتصبح جزءاً من السلسلة الجبليّة. أمّا الصفيحة الهابطة فتتصهّر، وتتصاعد الصّهارة في قاعدة الجبال فتتفرّعها أكثر، وتقلّف البراكين إلى السطح.

## جبال الطيّ: نظرياً

الصخور القاريّة تُضغط وتتقشّر وتتلقّى في طبقات عميقة.

ترتفع الموادّ المنصهرة من الصفيحة الهابطة.

يُصدّع الضلّط الصخور ويُغضّنها جيّداً في داخل القارّة.

يُحطّ القاتل سطوع الطبقات المدوّرة إلى خليط مُنظم.

الصخور المنصهرة تندفع عبر الفُتحات مُكوّنة براكين انديزيّتيّة. ويبقى الغرانيت مكشوقاً على السطح.

تصبح الجبال القديمة المتكوّنة سالفاً على الساحل، بعيدة الآن عن البحر.

الطبقات الداخليّة البسيطة تتأكّل بالتجوية إلى مُنحدرات حادّة تُشكّل الجُرف والوديان.

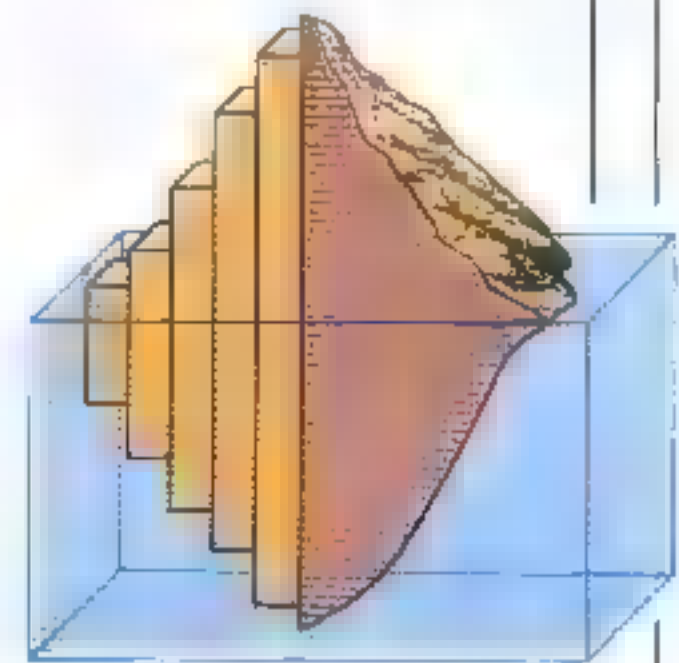
## الجبال الكتليّة

بدون التُحات

بالتُحات

## الجبال الطّافيّة

في العام ١٨٥٥، إرتأى الفلكي البريطاني جورج بيدل عيري، أنّ الجبال، كما الكتل الخشبيّة الطافيّة في الماء، يزداد عمقها تحت السطح كلّما زاد أرتفاعها فوقه. وتبيّن الأبحاث الحديثة أنّ القشرة القاريّة أشدّ كثيراً في المناطق الجبليّة منها في المناطق المنبسطة، وأنّ للجبال جذوراً تمتدّ عميقاً في طبقة الدثار.



نموذج لجذور جبل

## تكوّن الجبال الكتليّة

إنّ تكوّن الصفائح البنيّة الجديدة يؤثر قشرة الأرض فيقلّفها كتلاً تقصّل بينها شقوق تسمى صدوعاً. وقد تنخيف بعض هذه الكتل، مُكوّنة أودية خُسف، تاركة الكتل القائمة بينها كجبال كتليّة، كمثل المتواجدة في شرق أفريقيا.

تتلقّى القارّة بفعل التوتّر إلى كتل يتحرّك بعضها بالنسبة إلى بعضها الآخر.

التُحات السطحي يُدوّر حافات الكتل ويُغطّي الصنوع؛ فيتتدرّج تقيّزها.



## تكوّن الطّيّات

عندما تتعرّض طبقات الصّخور لضغوط بالغة لا تحتملها فإنها تنشئ طّيّات. فالطّيّة المندالّة سفلًا هي طيّة مقلّعة، فيما الطّيّة المقنطرة (المقلّعة ضعدًا) طيّة محدّبة، وغالبًا ما تتواجدان معًا. ويسمّى الخطّ الذي ينشئ الصخر على امتداده، محور الطّيّة.

## معالم طيّة نموذجيّة

الطبقات النّخينة من الصّخور الغليظة البنية، كالخجر الرّمليّ، تتصدّع بالتطويّ مكونة شقوقًا تنتشر موزجيًا من محور الطّيّة.

الطبقات المتعدّدة الرّاقات، كالطّفّل، تنفصّر بالطّيّة.

طبقات الصّخور النّخينة، كالخجر الكلسيّ، قد تنفلق بالطّيّة فلوفاً موازيّة للمحور.

الصّخور الصّاعدة تنفصّر بالطّيّة، أمّا الضّعيفة فتتشوّه وتنفصّر.

## طيّة لامتاليّة

## طيّة مضطجعة

## طيّة

تبيّن طبقات الصّخر المطوّاة هذه في نيوفولندلند، نيوجرسي بالولايات المتّحدة، الأشكال التي اتّخذتها الطّيّات. وتتميّز الطيّة في مُنكشِب صخريّ بالشكل المستدير الذي تُحدّثه في طبقات الصّخر.

## دسر (صدع دسريّ)

بالضغط المستمرّ تصبح الطيّة دسريًا - يمكن مشاهدته كطيّة أو صدع.

الطيّة الالتماسيّة تبدو مائلة؛ لأنّ محاور الطّيّة لكلّ طبقة ليست فوق بعضها متوازية.

الطيّة المضطجعة تبدو كأنّها وقفت على نفسها.

## أنواع الطّيّات

تنشئ الصّخور بطريقتين مختلفتين: أنواعًا مختلفة من الطّيّات. الطّيّات البنية أعلاه هي طّيّات متماثلة، يعني أنّ الطيّة تتطويّ حول محور عموديّ. أمّا في الطّيّات الالتماسيّة، فتبدو الطيّة مائلةً منحرفة بفعل الضغط المسلّط عليها. وقد تتعاطف الصّخور جدًا فتتشقّق الطبقة بكاملها، وتصبح صدعًا دسريًا.

## صدع عاديّ

يتكوّن الصدع العاديّ بالتأثير. فتتصدّع الصّخور وينزلق واجدها سفلًا تجاه الذي يليه.

مستوي الصدع يفصل الكتلة المُتخلفة عن الفوقية.

الكتلة النّاتجة عن السطح تتلاشى عاجلاً بالثخات.

تبيّن هذه الصّخور في بكنشهر بايران، الصدوع العاديّة والعكسيّة.

## الصدوع

يمكن مشاهدة الصدع كشقّ تحفّ به الصّخور مزاج بعضها بالنسبة لبعض.

تُلقب خوافات الطبقات مُبالاة الصدع، ويُعرف هذا بالانزلاق.

الدسر صدوع عكسيّة مقلّعة تتواجد في المناطق الجبلية.

## صدع عكسيّ

يتكوّن الصدع العكسيّ بالانضغاط فتتحرك إحدى الكتلتين مقلّعة بالنسبة إلى الأخرى.

## صدع منجّه انزلاقيّ يمينيّ

في صدع المنجّه الانزلاقيّ، تتحرك الكتلة جانبياً وليس عموديًا.

صدع منجّه انزلاقيّ يمينيّ

صدع منجّه انزلاقيّ يساريّ

في صدع المنجّه الانزلاقيّ اليساريّ تتحرك الكتلة المُقلّعة إلى اليسار.

## أنواع الصدوع

أحياناً، وبالتأثير عادة وليس بالضغط، لا تنشئ الصّخور ولا تطوي؛ بل تتصدّع إلى كتل يتحرّك بعضها بالنسبة لبعض أو إنّ سبق لها أن فعلت ذلك. ويُعرف هذا بالصدع. ويسمّى النطاق السطحيّ الذي تتركّب فيه الكتلة غير بعضها مستوي الصدع.

## صدع سان أندرياس

يقطع صدع سان أندرياس الهائل سهل كارينزو بطول ٤٥٠ كم جنوبيّ سان فرانسيسكو و ١٦٠ كم شماليّ لوس أنجلوس. يُمثّل هذا الصدع صدعاً زلزاليّاً، ويُعزى إليه النسيب في بعض الزلازل الرئيسيّة في الولايات المتّحدة.

## لمزيد من المعلومات انظر

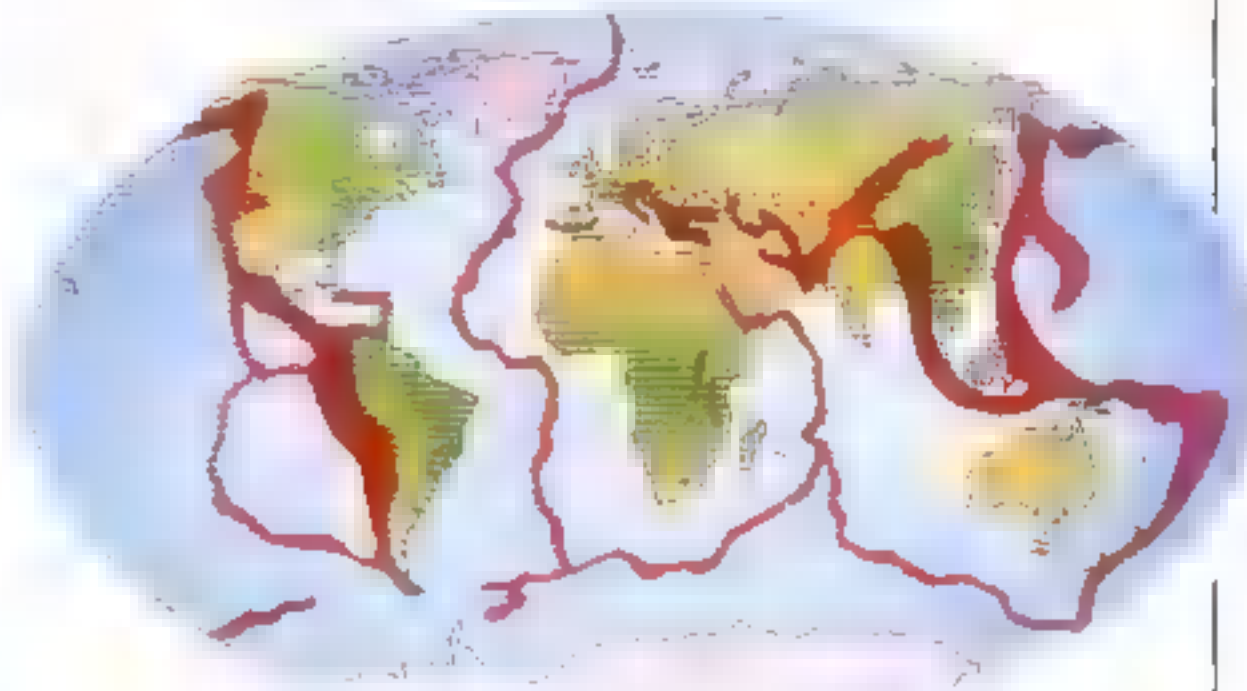
- الضغط ص ١٢٧
- بنية الأرض ص ٢١٢
- القارّات المتحرّكة ص ٢١٤
- الشفويّة والثخات ص ٢٣٠
- حقائق ومعلومات ص ٤١٤



# الهزّات الأرضيّة

إنَّ أشدَّ القوى والتفجيرات المألوفة لدينا تَظَلُّ ضَئيلة جدًا بالنسبة للقوّة التي تُمرّق طبقات الصّخر في قشرة الأرض وتصدّعها. فالطبقات الصّخرية بطبيعتها لا تتشني ولا تتصدّع بسهولة، لكنّ التّوتر الذي تُسبّبه تحركات الصفائح الأرضيّة يتنامى عبر السنين حتّى تنوء الصّخور تحت وِطائِهِ، فتصدّع فجأة وتزاح مُصدرةً أمواجًا صدميّة مدمرة يترتّبُف معها سطح الأرض في تلك المنطقة فيما يُسمّيه زلزالًا أو هزّة أرضيّة. وقد يلي الرّجفة الزلزليّة الأولى سلسلة من الرّجفات اللاحقة على مدى بضعة أيام تاليّة؛ ثمّ تخبو عندما تستقرّ الصّخور في مواقعها الجديدة.

خارطة مناطق الزلازل في العالم



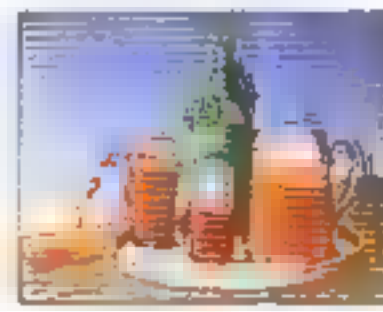
مناطق الهزّات الأرضيّة العميقة

مناطق الهزّات الأرضيّة الضحلة

## مناطق الهزّات الأرضيّة

حدوث الزلازل، كما تُوران البراكين يحصل على امتداد حافات الصفائح الأرضيّة. فتحدث الهزّات الضحلة حيث تتلافى الصفائح فعلاً عند السطح، فيما تحدث الهزّات العميقة حيث تنزلق إحدى الصفائح تحت أخرى.

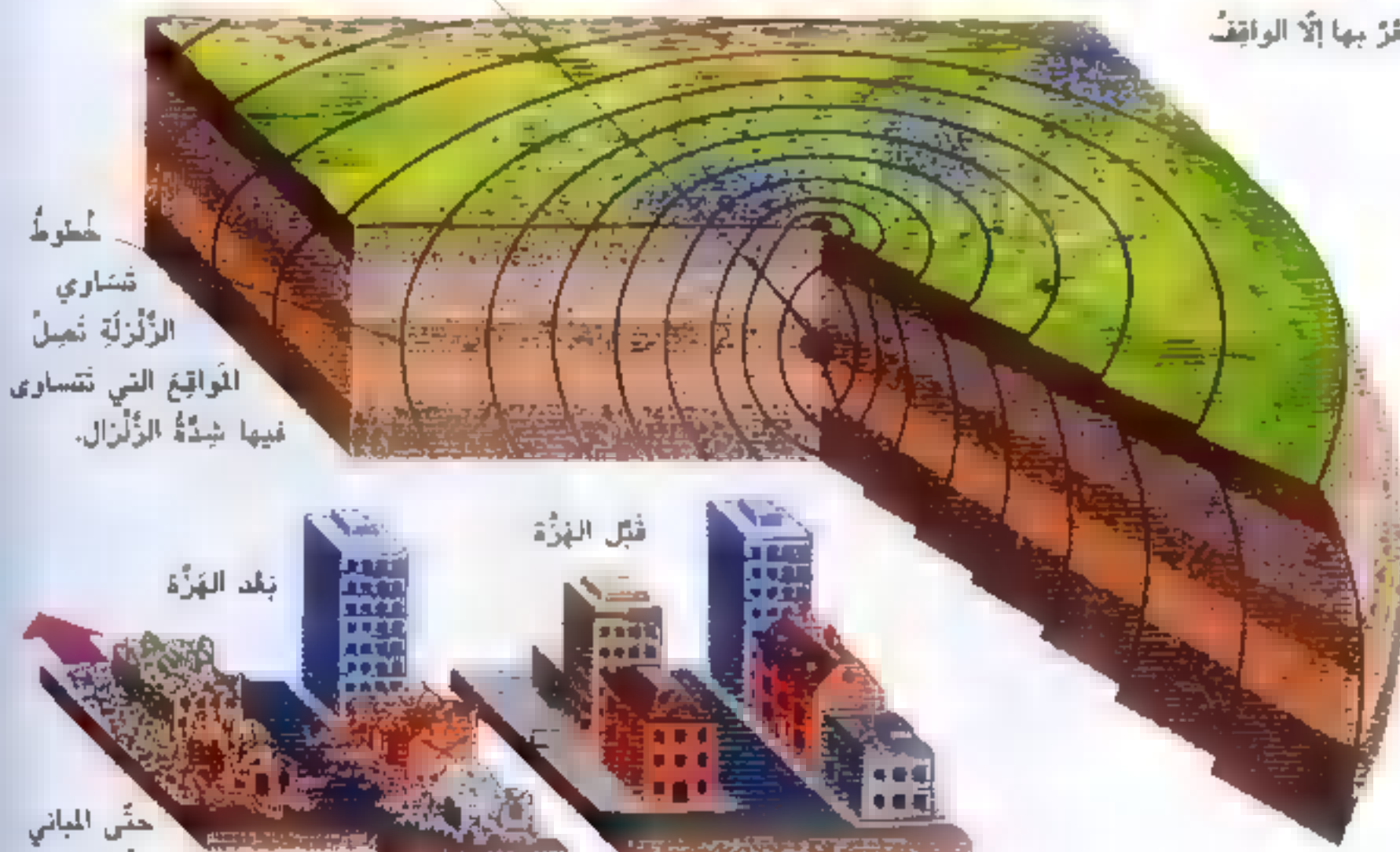
هزّات الدرجة الثانية على مقياس مِرْكَلي، تكون خفيفة فلا يشغُر بها إلا الواقف في طابق علوي.



هزّات الدرجة الشاذة على مقياس مِرْكَلي، تُخطم النوايد وتُحوك الأثاث وتُسقط أثاث البيت المُنخدة ويلاطها.

## مقياس مِرْكَلي

تحوك الصّخور الأعظم يحدث في بُورة الزلزال.



خطوط تساوي الزلزلة تصلّ المواقع التي تتساوى فيها شدّة الزلزال.



حسّ المباني الأفضل تصميمًا، قد تلهأ بفعل هزّة خفيفة، وقد تصدّع المباني العالية أكثر من الخفيفة، والمعلوم أنّ النار والأمراض هي أخطار تعقّب الزلازل دائمًا.

## التدبير الشامل

على درجة ١٢ من مقياس مِرْكَلي يكون التدبير شاملاً، فتتوَج الأرض بتعوجات كأموج البحر، وتُثدّف الأجسام في الهواء، وتُدمّر المباني تدميرًا كاملاً. كما تتغيّر المعالم الجغرافيّة للمنطقة بشكل دائم. ولحسن الحظ، فإنّ قلة من الهزّات تبلغ هذه الدرجة من الشدّة.

لمزيد من المعلومات انظر
القوى والحركة ص ١٢٠
الاهتزازات ص ١٢٦
بنية الأرض ص ٢١٢
القارّات المتحركة ص ٢١٤
نشوء الجبال ص ٢١٨
حقائق ومعلومات ص ٤١٤



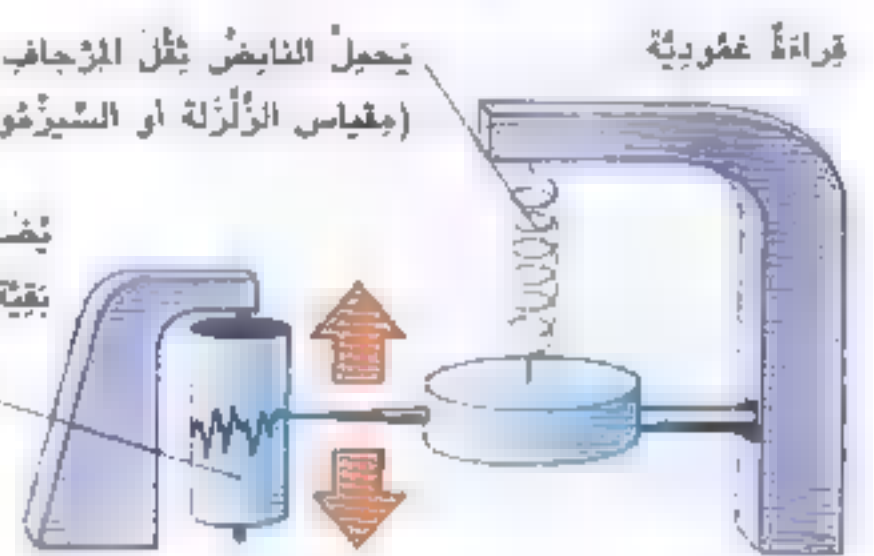
مشهّد هزّة أرضيّة في أوزبكستان، بتركيا.

قراءة عموديّة

يحول النابض يظل المُرْجاف (مقياس الزلزلة أو السيزموميتر)

يُضخّم تحوُّك بقية الغرفة.

الأسطوانة الدوّارة تُسجّل التحوُّك المُضخّم.



قراءة أفقيّة

تهتزّ الغرفة بينما يظلّ القُل ساكنًا.

يُضخّم الإهتزاز بالقُدرة الدّراعيّة.

يُسجّل التحوُّك على الأسطوانة الدوّارة.

## المُرْجاف (السيزموميتر)

المُرْجاف أو مقياس الزلزلة آلة تُسجّل الهزّات الأرضيّة. يحوي مقياس الزلزلة ثقلاً ثقيلًا جدًا بحيث يظلّ ساكنًا بينما يهتزّ كلُّ شيء حوله. تُضخّم الرّجفة بفعل الرّوافع (القُدرة الدّراعيّة) وتُسجّل على أسطوانة دوّارة.

## مقياس رِختر

يُقاس قُدْر الهزّة الأرضيّة، في مقابل شدّتها، بمُرْجاف رِختر وهو مقياس زلزلة (سيزموميتر)، من تصميم عالم الزلازل الأمريكي شارل ف. رِختر، عام ١٩٣٥. فالهزّات الأرضيّة العتيقة على هذا المُرْجاف قد تبلغ درجة ٦ أو أكثر، أما الأعنى والأشدّ تدميرًا فقد تبلغ درجة ٨,٩.

مشهّد هزّة أرضيّة في أوزبكستان، بتركيا.



# الصُّخُورُ وَالْمَعَادِن

الأرض التي نمشي في منايها، ونشيّد المباني عليها، ونزرعها بساتين وحقولاً تتألف من صخور؛ وكلُّ صخور الأرض تتألف من كيماويات تُسمى معادن. بالفحص المجهرى، يتبين أن الصخر مؤلف من بلورات معدنية متباينة تتنامى وتتداخل معاً كالفسيقساء. ولا يحوي الصخر المعين عادةً أكثر من ستة أنواع من المعادن، لكل نوع منها تركيبه الكيماوي المتميز. وتتألف قشرة الأرض من ثلاثة أنواع متباينة النشأة من الصخر هي البركانية (أو النارية) والمتحولة والرُسوية. فالصخور البركانية تنشأ من تصلب الصهارة السائلة بالبرودة. وتتج الصخور المتحولة من تحول الصخر كيماوياً بالحرارة أو الضغط إلى صخر مختلف النوعية. أمّا الصخور الرُسوية فتتكوّن بتلاحم قنات الصخور وأنواع الحثات والانقاض الأخرى.



بلورات المرو  
الرُمادي



مرو قرنفلي  
اللون

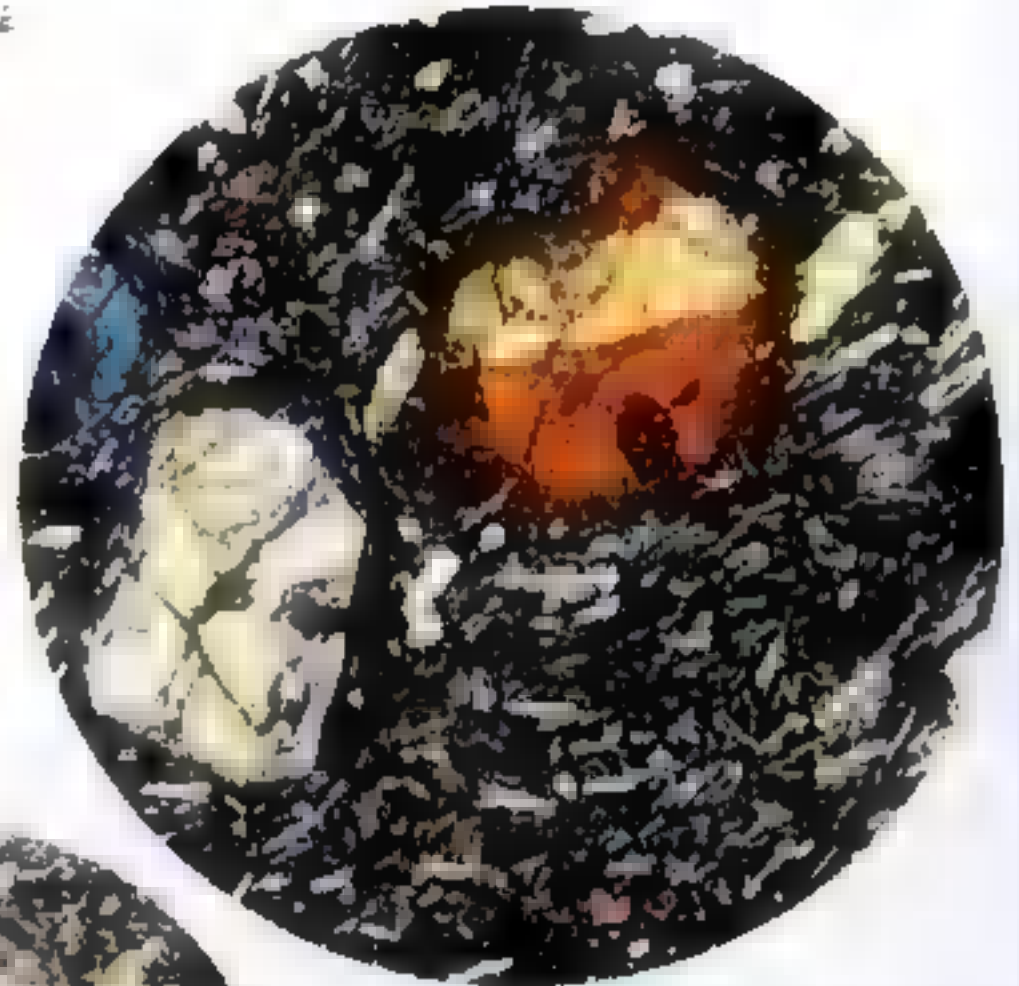
## أنواع الغرانيت المختلفة

في بعض الصخور، كالغرانيت، تتكوّن بلورات المعادن من الكبريت بحيث تُرى بالعين المُعزّدة. يتألف الغرانيت من معادن المرو (الكوارتز) والفلسبار والميكا، وقد يكون لون الصخر قرنفلياً أو رمادياً، تبعاً لنوع الفلسبار الذي يحويه.



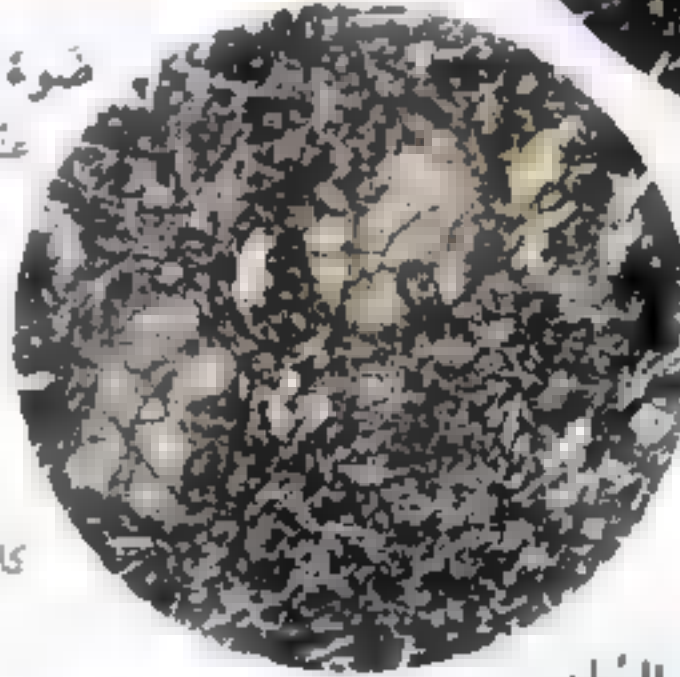
غرانيت البنيونيت

غرانيت نقشي



## ضوء مستقطب

عند فحص شريحة صخرية بمجهر مزود بمُرشّح مُفرد الاستقطاب (يشمح بمرور أمواج ضوئية مُعينة فقط) تظهر المعادن كلٌّ على حدة، شفافة في معظمها. وقد يُظهر بعضها لونا ضئيلاً، وقلة منها، كالحديد، تبدو ظليلاً كامدةً بالكامل.



## صخر مُزدوج الاستقطاب

إذا نَحَضْنَا الشريحة الصخرية نفسها عبر مُرشّحين مُستقطبين تبدو المعادن في نسق رافع من الألوان، وتتميز هذه الألوان إذا ما دُورَت الشريحة تحت المجهر. ويمكن تعيين هوية المعادن كلٌّ على حدة من مظهره ومن تغيرات لوانه.



## المخلي

بعض المعادن جميل أخاذ، إذا استُخدم في صناعة المخلي. وتعتد قيمة معادن المخلي هذه على ندرتها وبمقدار الطلب عليها.

بلورات الجفشت  
تؤلف جتازاً  
خول خوزة  
صخرية



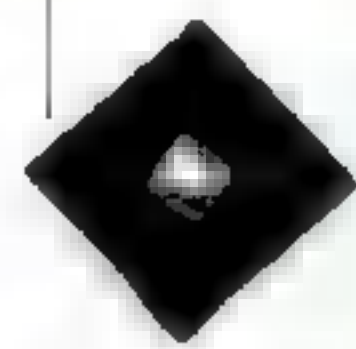
## الهيماتيت

تحتوي الخامات المعدنية فلزات يمكن فصلها بسهولة، كالهيماتيت أخذ خامات الحديد. فالحديد فلز مُشعّ مرون (قابل للثني) يمكنه الانحاد مع فلزات أخرى لتكوين سبائك. واستعمالات الحديد واسعة النطاق - من صنع الإبر والمقصّات إلى زُرش وأشغال الإنشاءات الصناعية الضخمة.

هيماتيت، خام  
حديد

## سُلّم موهز

يمكن تعيين هوية المعادن من صلابتها. فالمعدن الذي يستطيع خدش معدن آخر هو أصلد منه. ويتراوح سُلّم موهز لقياس صلابدة المعادن بين ١ و ١٠ - باعتبار صلابدة الطلق (ألين المعادن) ١، الجبس ٢، الكلسيت ٣، الفلوريت ٤، الأباتيت ٥، الأورثوكلاز ٦، الكوارتز ٧، التوباز ٨، الكورندم ٩، والماس ١٠ (أصلد المعادن).



الماس



الطلق (الثلك)

## الجوزة الصخرية (المُبَقَّنة بالبلورات)

قد تدور معادن الصخور في الماء أو في سوائل بركانية مازة غيرها، وتُحمل إلى مواقع أخرى. والمعادن التي تراكمت على جوانب تجويف صخري قد تكون جوزة صخرية مُبَقَّنة بالبلورات.

## لمزيد من المعلومات انظر

- الترابط الكيماوي ص ٢٨
- البلورات ص ٣٠
- العناصر ص ٣١
- الخريقات ص ١٠٩
- بنية الأرض ص ٢١٢
- حقائق ومعلومات ص ٤١٥



# الصُّخُورُ البرُكَانِيَّة

أثناء آختراقِ الشَّمْعَةِ يَنْضُضُ بعضُ الشمع السائل قطراتٍ على جوانبها ويتجمّد. هكذا تتكوّن الصُّخُورُ البرُكَانِيَّة إِذ تتصلّبُ من كتلة صخرية منصهرة كما تتصلّبُ اللَّابَةُ المُنسابةُ عندما تَبْرُدُ على حَوافِ بُركان. ونظراً لِفاعليّةِ العاملِ الحراريّ في تكوين الصُّخُورِ البرُكَانِيَّة، فقد سُمِّيت أيضاً «الصُّخُورُ النَّاريّة». هنالك نوعان رئيسيان من الصُّخُورِ البرُكَانِيَّة: النابِطَةُ السطحيّة والمُنْدَسَةُ الجوفيّة. الأنواع السطحيّة تنشأ من تصلّب الصُّهارة بِسرعة فوق سطح الأرض كما اللَّابَةُ؛ وهذا يُكسِبُها نَسْجَةً بلّوريّة دقيقة الحبيبات. أمّا الصُّخُورُ الجوفيّة فتنشأ من صُّهارة تصلّبت بالتبريد البطيء عميقاً تحت سطح الأرض لِنتيْجِ صَخْرًا خَشِنَ النَسْجَةِ البلّورية كَبِيرِ الحبيبات.

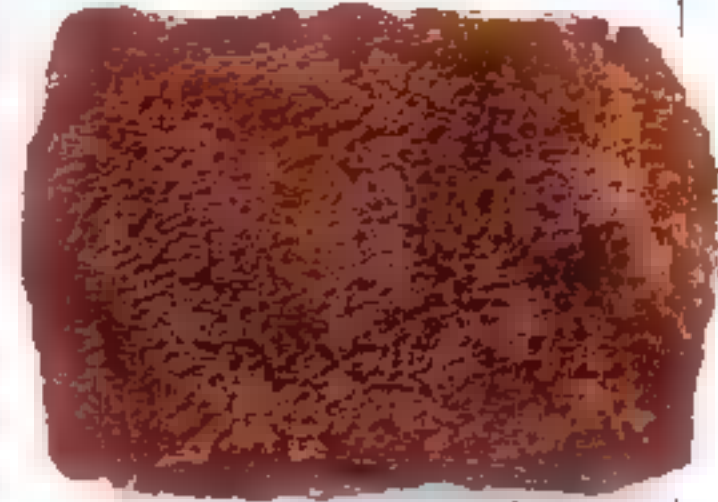
## البازلت

البازلتُ صخرٌ بُركانيّ سطحيّ نموذجيّ نشأ من اللَّابَةِ وهو صخرٌ كثيفٌ داكنٌ مُشَوَّذٌ بِـ المعادن المتواجدة فيه، وهو بسبب التبريد السريع دقيق الحبيبات المُتبلّرة.



بلّورات الغرانيت كبيرة بحيث تُرى بالعين المجردة.

يتشأ البازلت عندما تبرد اللَّابَةُ البرُكَانِيَّة فوق سطح الأرض.



## الغرانيت

الغرانيتُ صخرٌ بُركانيّ جوفيّ، يوجد منه عدّة أنواعٍ كلّها فاتحة اللون بسبب طبيعة المعادن الفاتحة اللون فيها. ويستغرق الغرانيت وقتاً أطول من البازلت لِيتصلّب، مُكوّناً بلّورات أكبر حجماً بحيث تُرى بسهولة.

## تكوّن الصُّخُورِ البرُكَانِيَّة

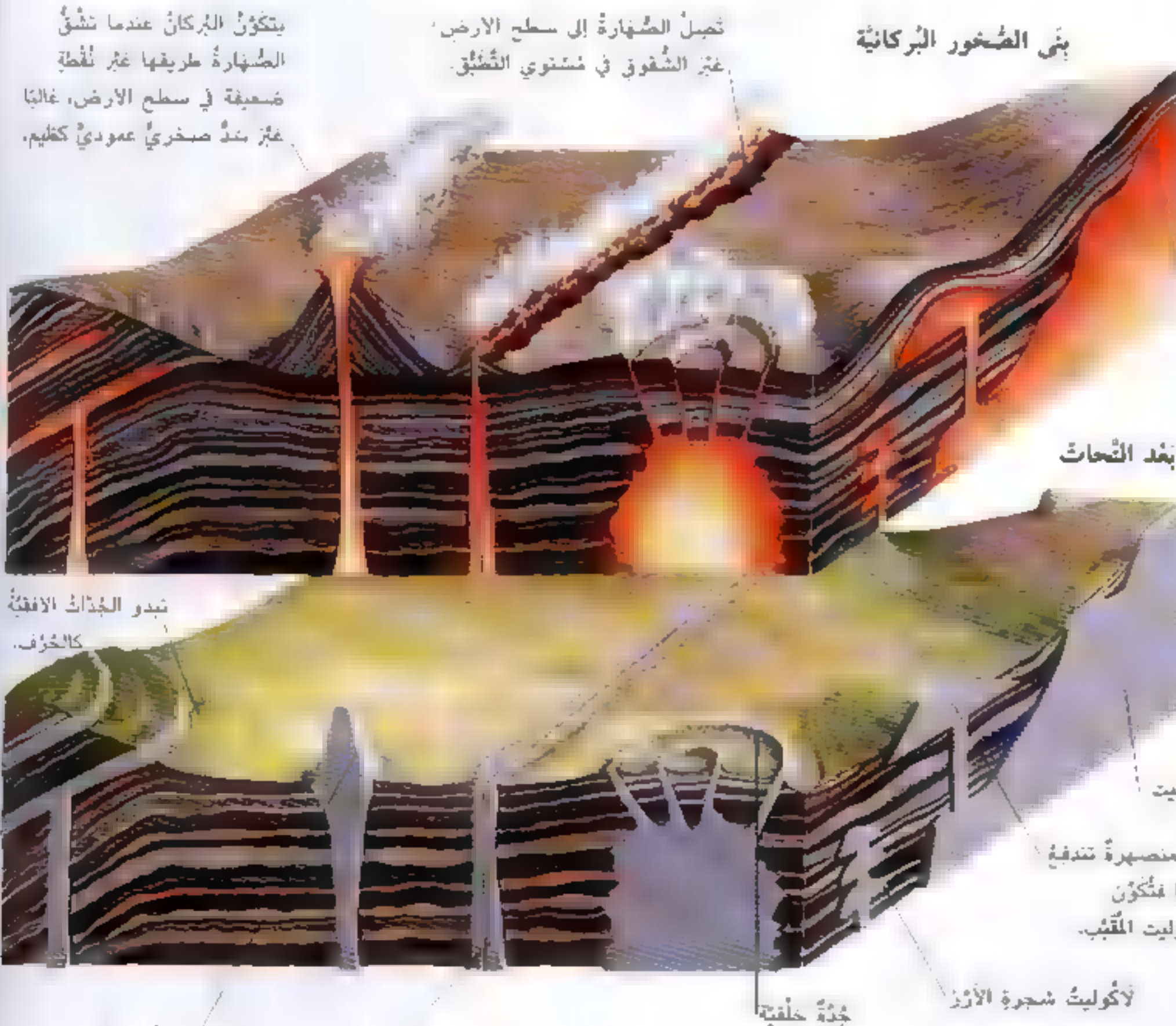
تنشأ الصُّخُورُ البرُكَانِيَّة الخفيفة نسبيّة السليكا، كالبازلت، من صُّهارة مادة الدّثار الأرضي. أمّا صُّهارة مادة الصّفايح الأرضيّة فتكوّن صُّخُوراً بُركانيّة عالية نسبيّة السليكا، كالغرانيت، الذي يتصلّبُ كتلاً ضخمة كالشّام الغائر (بانوليت) أو في قباب أنديسائيّة (لأكوليت)، أو يتكوّن في الصّدوع مُشكّلاً جُذاتٍ قاطعة (سُدوداً صخرية عموديّة) أو مُوازية أفقيّة؛ أو قد يُتَجَسَّمُ عَبرَ السطح، ولا يُرى الصُّخْرُ الجوفيّ إلا بَعْدَ نَحَاتِ الطبقاتِ القويّة.



## جُدَّة قاطعة بُركانيّة

عندما تُشَقُّ الموادُ المنصهرة طريقها إلى صَدْعٍ وتتصلّب، تتكوّن صَخْرًا أنديسائياً متوسط حجم الحبيبات. وهذا الصخر أصله عادة من الصُّخُورِ المحيطة به، لذا يصنّف هذا الاندساسُ من بعد التّحاث كمنقلم طبيعيّ أرضيّ بارز.

## بنَى الصُّخُورِ البرُكَانِيَّة



## رَصْفُ الطَّرِيق

الصُّخُورُ البرُكَانِيَّة صَلْدَةٌ جدّاً. والخصباء من كُسارتها تصلح كمادّة رَصْفٍ قويّة جيّدة لِتعييد الطّرق، خاصّة بَعْدَ خَلطها بالزّفت؛ لأنّ الزّفت يمنع نفث معاوِنها السليكاويّة (الفيلسبار) بالتّجوّية.



يُفرّش سطح الطّريق بِخليط من خصباء الغرانيت والزّفت الساخن.

## لمزيد من المعلومات أنظر

- الكربون ص ٤٠
- نبْة الأرض ص ٢١٢
- البراكين ص ٢١٦
- الصُّخُورُ والمعادن ص ٢٢١
- حقائق ومعلومات ص ٤١٥



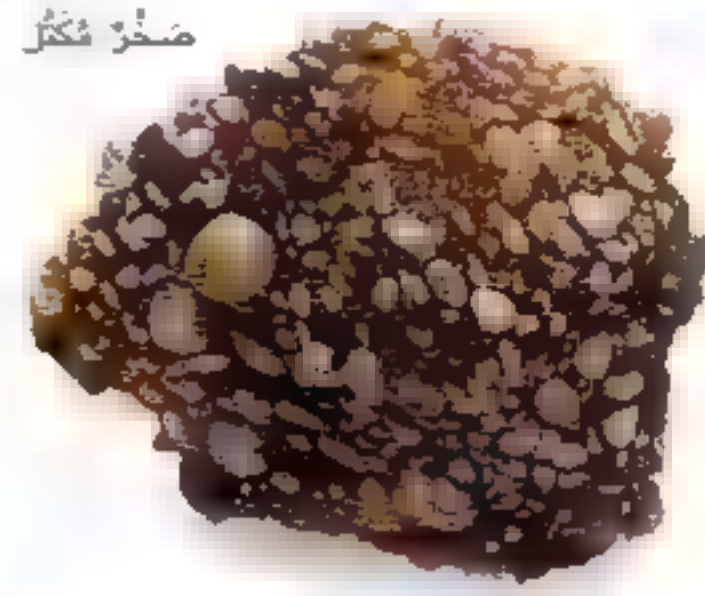
# الصُّخُورُ الرُّسُوبِيَّةُ

القَصَّةُ (الصُّخُورُ الرُّسُوبِيَّةُ المُكْتَلَّةُ)

تتكوَّنُ الحَصْبَاءُ الأَخْضَرِيَّةُ إلى صَخْرٍ رُسُوبِيٍّ قَنَاقِيٍّ خَبِيثٍ يُدْعَى القَصَّةُ أو الرَصِيصُ. وتشكِّلُ الصُّخُورُ الرُّسُوبِيَّةُ القَنَاقِيَّةُ الأُخْرَى الحَجَرُ الرُّمْلِيَّ - المُوَلَّدُ من طَبَقَاتِ الرَّمْلِ في الصَّحَارَى أو على شَوَاطِئِ البَحَارِ - وَالطُّفْلُ المُوَلَّدُ من طَبَقَاتِ الرُّخْلِ وَالطِّينِ.

الصُّخُورُ الرُّسُوبِيَّةُ القَنَاقِيَّةُ

صَخْرٌ مُكْتَلٌّ



شَوَاطِئُ حَصْبَاءِيَّةُ

طَبَقَاتُ رَمْلِيَّةٌ وَطَبَقَاتُ

الصُّخُورُ الرُّسُوبِيَّةُ الكِيمَاوِيَّةُ

يَفْتَقِدُ المطرُ والعواملُ الجَوِّيَّةُ الصُّخُورُ المكشوفةَ إلى كُسَارَةٍ وَخَطَامٍ.

تُجْلَفُ المَبَادِءُ الجَارِيَّةُ هذا الخَطَامُ الصَّخْرِيُّ إلى البَحْرِ حَيْثُ يَتَرَسَّبُ.

تَحْوِي طَبَقَاتُ الصُّخُورِ المُخْتَلِفَةِ مَعَايِرَ مُتَفَاوِتَةً الدَّوَابِّيَّةِ.

خَطَامٌ شَبَّ مَرَجَانِيٌّ

مِنَعٌ صَخْرِيٌّ

المِنَعُ الصَّخْرِيُّ

تَحْوِي مَبَادِءُ البَحْرِ مَعَادِنَ مُذَابَةً، فَلِذَا عُرِلَ جُزْءٌ مِنَ البَحْرِ وَجِفَتْ تَرَسَّبَتْ هَذِهِ المَعَادِنُ طَبَقَةً فِي القَاعِ. فَالْمِنَعُ الصَّخْرِيُّ وَبَعْضُ أَنْوَاعِ الحَجَرِ الكِلْسِيِّ مِمَّا صُخِّرَ رُسُوبِيَّةً كِيمَاوِيَّةً نُمُودَجِيَّةً.

تَكُونُ الصُّخُورُ الرُّسُوبِيَّةُ

طَبَقَاتُ مِنَ الرُّسَابَاتِ

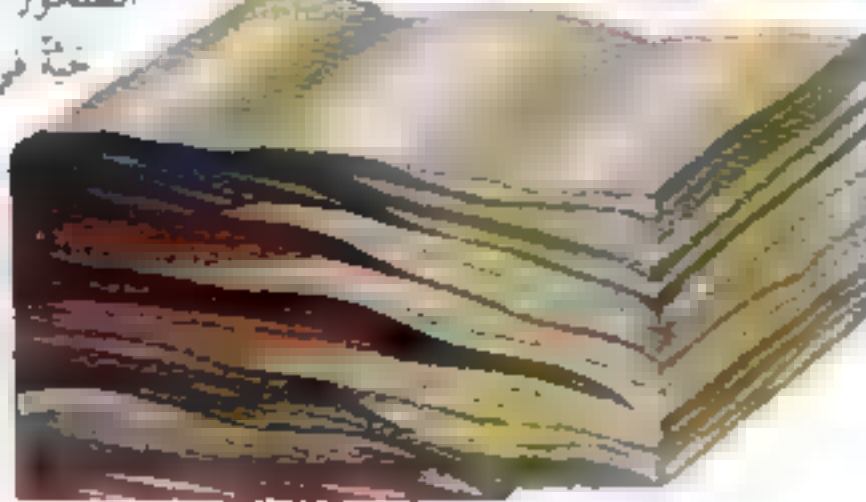
الرُّسَابَاتُ الَّتِي تُصْبَغُ فِي النِّهَايَةِ صُخُورًا رُسُوبِيَّةً قَدْ تَغَطَّتْ بِكاملِ قَاعِ البَحْرِ أو بِسَاحَاتٍ صَغِيرَةٍ مِنْهُ. أَمَّا حَيْثُ تَلْغِي بَيْنَانًا، كَمَا فِي مَضَبِّ دِلْثَاوِيٍّ فِي البَحْرِ، فَهَذَاكَ مَرِيجٌ مِنْ مُخْتَلِفِ أَنْوَاعِ الرُّسَابَاتِ.

الصُّخُورُ الرُّسُوبِيَّةُ الحَيَوِيَّةُ المُنَشَأُ

تَتَبَخَّرُ مَبَادِءُ بَحِيرَةٍ أو لِسَانِ بَحْرِيٍّ مَعْرُودٍ، فَيُرَدِّدُ تَرَكِيزُ المَلْحِ المُذَابِ تَدْرِجِيًّا، وَآخِرًا تَتَرَسَّبُ.

الشَّبَبُ المَرَجَانِيُّ هُوَ نَفْسُهُ صَخْرٌ رُسُوبِيٌّ خَبِيثٌ المُنَشَأُ؛ وَيُمَكِّدُ لِكُسَارَاتِهِ المُنْتَشِرَةِ عَلَى قَاعِ البَحْرِ تَكْوِينَ شَبَبٍ آخَرَ.

قَبْلَ مِلَايِينَ السِّنِّ



وَحُورٌ وَطِيرٌ مَبَادِءُ الأَعْمَاقِ تَتَرَسَّبُ عَلَى قَاعِ البَحْرِ.

زَلَّةٌ وَجُزْئِيٌّ مِنْ مَضَبِّ نَهَرٍ.

طَبَقَةٌ صُلْدَةٌ مِنَ الحَجَرِ الجَبَرِيِّ (الكِلْسِيِّ) تُكُونُ خَيْدًا بَارِزًا.

فِي الوَقْتِ الحَاضِرِ

الرُّسَابَاتُ الَّتِي تَمَّ نَحْوُهَا إِلَى صَخْرٍ رُسُوبِيٍّ، قَدْ تَرَفَّعَ بِالنَّحْوَكَاتِ الأَرْضِيَّةِ إِلَى السَّطْحِ وَتَغَرَّضَ لِلشَّخَاتِ. فَالصُّخُورُ الأَصْلَدُ، كَالْحَجَرِ الرُّمْلِيِّ أو الكِلْسِيِّ، قَدْ تَتَابَعَتْ الشَّخَاتِ، فِيمَا انْصَحَرَ الأَقْلُ صِلَادَةً، كَالطُّفْلِ، قَدْ تَنَاجَلَ بِسُرْعَةٍ، مُشَكِّلَةً مُنَسَّطًا أَرْضِيًّا مُتَدَرِّجًا، وَهَذِهِ العَمَلِيَّةُ مُسْتَمِرَّةٌ الحُدُوثِ حَالِيًا.



مَنْزِلٌ مِنَ الحَجَرِ الأَسْفَرِ الرُّمْلِيِّ فِي نِيُويُورِك، بِالْوِلَايَاتِ المُتَّحِدَةِ.

حِجَارَةُ البِنَاءِ

إِنَّ مُسْتَوِيَّاتِ التَّطَبُّقِ - أَيِ فَوَاصِلِ طَبَقَاتِ الصُّخْرِ المُتَمَيِّزَةِ - تَجْعَلُ الصُّخُورَ الرُّسُوبِيَّةَ سَهْلَةً الانْفِلَاقِ وَالتَّشْكِيلِ. أَمَّا الصُّخُورُ الرُّسُوبِيَّةُ الأَصْلَدُ وَالأَسْمَكُ تَطَبُّقًا، كَالْحَجَرِ الرُّمْلِيِّ وَالْجَبَرِيِّ، فَتُسْتَعْمَدُ عَادَةً كَمَوَادِّ لِلْبِنَاءِ.

لِمَزِيدٍ مِنَ المَعْلُومَاتِ انْظُرْ

البُلُورَاتُ ص ٣٠  
نُشُوءُ الجِبَالِ ص ٢١٨  
الصُّخُورُ وَالمَعَادِنُ ص ٢٢١  
الشَّجُونَةُ وَالتَّحَاتُ ص ٢٣٠  
الْأَنْهَارُ ص ٢٣٣

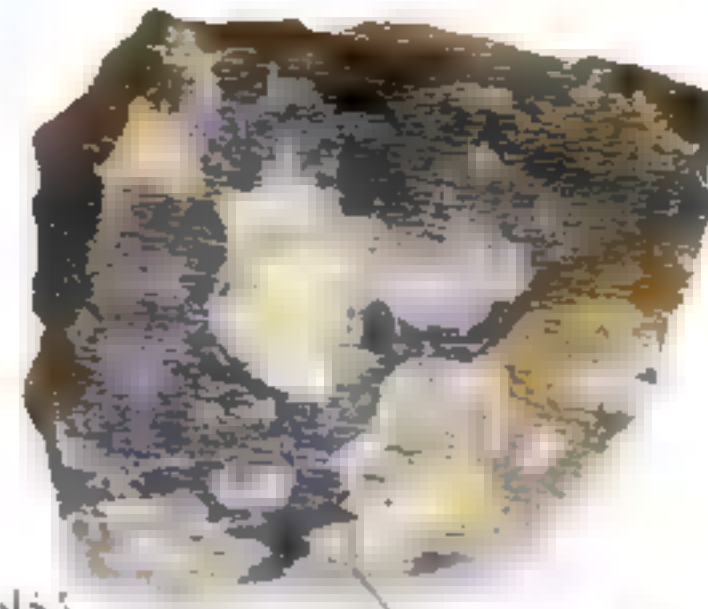


# الصُّخُورُ الْمُتَحَوِّلَةُ

في صِنَاعَةِ الْخُبْزِ يُعَجَّنُ الطَّحِينُ وَالْخَمِيرَةُ وَالْمَاءُ مَعًا ثُمَّ يُخَبَزُ (يُسَوَّى) الْعَجِينُ فِي قُرْنٍ حَارٍّ. وَبِطَرِيقَةٍ مُمَازِلَةٍ، تُحَوَّلُ الْحَرَارَةُ وَضَغْطُ الصُّخُورِ الْقَوِيَّةُ طَبِيعَةَ الصُّخُورِ تَحْتَهَا؛ وَتُسَمَّى هَذِهِ عَمَلِيَّةُ التَّحَوُّلِ. هُنَالِكَ نَوْعَانِ رَاسِخَانِ مِنَ الصُّخُورِ الْمُتَحَوِّلَةِ، أَوْسَعُهَا أَنْتِشَارًا الصُّخْرُ الْإِقْلِيمِيُّ الدِّينَامِيُّ التَّحَوُّلِ. وَيَطَالُ هَذَا النُّوعُ كُتْلًا وَمَقَادِيرَ ضَخْمَةً، وَيَقَعُ فِي قَلْبِ سَلْسِلِ الْجِبَالِ وَفِي أَعْمَاقِ قِشْرَةِ الْأَرْضِ. وَيُعرفُ النَّوعُ التَّالِي بِالصُّخْرِ الْحَرَارِيِّ (الْتَّمَاسِيِّ) التَّحَوُّلِ، وَيَتَكَوَّنُ بِالْحَرَارَةِ مِنْ صَخْرٍ بُرْكَانِيٍّ مُجَاوِرٍ عِنْدَ تَمَاسٍ الصُّخْرَيْنِ؛ وَلَا يَطَالُ هَذَا التَّحَوُّلُ إِلَّا كُتْلًا وَمَقَادِيرَ مَحْدُودَةً لَا تَتَجَاوَزُ سِمَاكُتَهَا بَضْعَ سَنْتِمِترَاتٍ.

## الرُّخَامُ

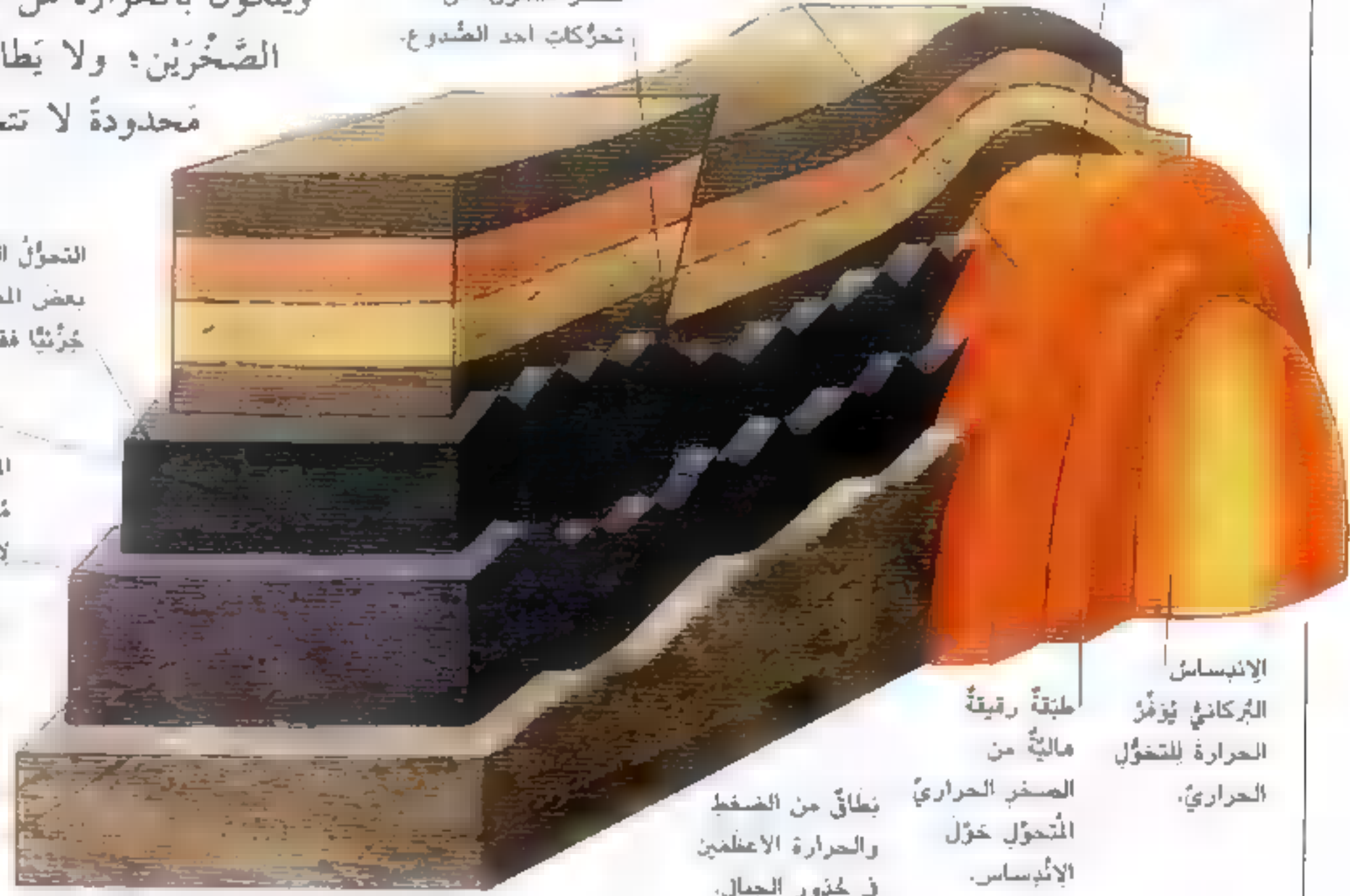
الرُّخَامُ نَوْعٌ مِنَ الصُّخْرِ الْحَرَارِيِّ الْمُتَحَوِّلِ، يَنْشَأُ بِتَأْثِيرِ الْحَرَارَةِ عَلَى الْحَجَرِ الْجَبَرِيِّ. وَهُوَ مَادَّةٌ بِنَاءٍ وَنَحْتٍ جَذَابَةٌ بِفَضْلِ نَشِيجَتِهِ النَّاعِمَةِ وَيَتَنَبَّهُ الْمُتَغَابِرَةُ تَبَعًا لِمَا بِهِ مِنْ شَوَائِبٍ. فَمِنْ الرُّخَامِ مَا هُوَ أَيْضًا كَالثَّلْجِ أَوْ مُغْرَقٌ بِالْبُيْنِيِّ أَوْ الْأَحْمَرِ أَوْ الْأَخْضَرِ أَوْ الرَّمَادِيِّ.



رُخَامٌ

يَنْشَأُ الْمِثْلُونِيَّةُ، وَهُوَ صَخْرٌ مُتَحَوِّلٌ، مِنْ تَحْرُكَاتِ أَحَدِ الطُّدُوعِ.

يَتَفَكَّرُ تَرْكِيبُ الصُّخُورِ بِالتَّحَوُّلِ الْمَعْدِنِيِّ. وَيَنْتُجُ هَذَا التَّحَوُّلُ بِفِعْلِ الْمَوَاقِعِ الْحَارَّةِ الْمُتَقَلِّبَةِ مِنْ أُنْدَسَاسٍ بُرْكَانِيٍّ.



الْإِنْدَسَاسُ

الْبُرْكَانِيُّ يُؤَدِّرُ الْحَرَارَةَ لِلتَّحَوُّلِ الْحَرَارِيِّ.

طَبَقَةٌ رَقِيقَةٌ هَالِيَّةٌ مِنَ الصُّخْرِ الْحَرَارِيِّ

نِطاقٌ مِنَ الضَّغْطِ وَالْحَرَارَةِ الْأَعْلَى فِي جُذُورِ الْجِبَالِ.

## تَكَوُّنُ الصُّخُورِ الْمُتَحَوِّلَةِ

الضَّغْطُ وَالْحَرَارَةُ فِي أَعْمَاقِ الْأَرْضِ يَهْضِرَانِ الصُّخُورَ الرَّسُوبِيَّةَ وَالْبُرْكَانِيَّةَ الْمُتَوَاجِدَةَ وَيُسَوِّبَانِهَا لِتَكَوُّنِ الصُّخُورِ الْمُتَحَوِّلَةِ. وَيُغَيِّرُ هَذَانِ الْعَامِلَانِ مَحْتَوَى الصُّخْرِ الْمَعْدِنِيِّ بِصُورَةٍ كَامِلَةٍ أحيانًا كَمَا هِيَ الْحَالُ فِي الثَّانِيْسِ، الصُّخْرِ الْمُتَحَوِّلِ الْعَالِيِّ الرَّتَبَةِ. وَأَهْمِيَّةُ هَذَا التَّحَوُّلِ هِيَ فِي تَغْيِيرِ التَّرْكِيبِ الْمَعْدِنِيِّ لِلصُّخْرِ فِي الْحَالَةِ الْجَامِدَةِ. فَلَوْ أَنْصَهَرَ الصُّخْرُ فَقَطْ ثُمَّ تَصَلَّبَ ثَانِيَةً لَطَلَّ صَخْرًا بُرْكَانِيًّا. وَالصُّخْرُ الْإِقْلِيمِيُّ الْمُتَحَوِّلُ لَا يَنْكَشِفُ إِلَّا بَعْدَ مَلَايِينِ السَّنِينَ مِنَ النَّحَاتِ.



أَرْدُوَازٌ

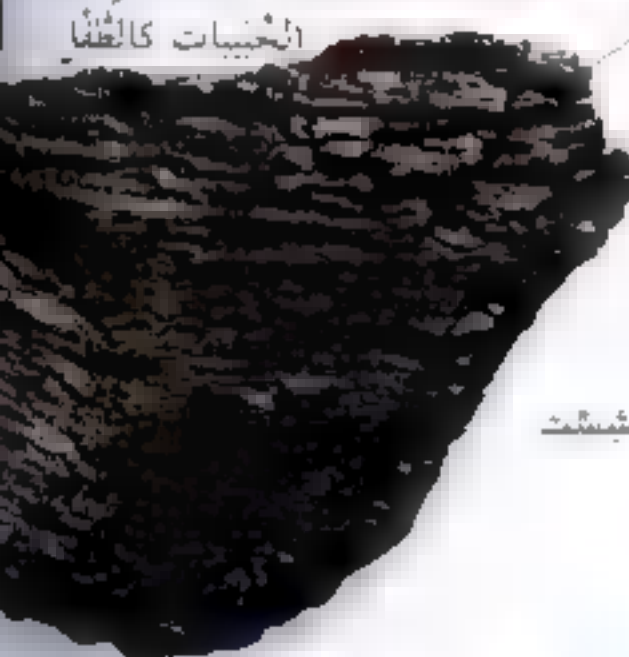
التَّحَوُّلُ الضَّغْطِيُّ يُكْسِبُ بَعْضَ الْمَعَادِنِ تَبَلُّورًا خُرْنِيًّا فَقَطْ.

الْمَعَادِنُ الْمُتَحَوِّلَةُ مُتَرَاصِفَةٌ تَبَعًا لِاتِّجَاهِ الضَّغْطِ.

الصُّخُورُ الْمُتَحَوِّلَةُ الْعَمِيقَةُ تُظْهِرُ عِلَامَاتٍ أَنْصَغَافًا، لَا إِجْهَادَ مُوْجِهَةً.

## الأَرْدُوَازُ

الْأَرْدُوَازُ صَخْرٌ رَمَادِيٌّ دَائِمٌ، بَرَّاقٌ، يَتَلَقَّرُ بِسُهُولَةٍ إِلَى شَرَانِخٍ رَقِيقَةٍ، بِسَبَبِ مُخْتَوَاهِ مِنْ بَلُورَاتِ الْفِلْسَا الْمُسَطَّحَةِ الْمُتَشَكِّلَةِ فِيهِ بِالتَّحَوُّلِ، وَهُوَ صَخْرٌ إِقْلِيمِيٌّ مُتَحَوِّلٌ خَفِيفُ الرَّتَبَةِ، يَتَكَوَّنُ مِنْ تَحَوُّلِ صَخْرِ دَقِيقِ الْخَبِيثَاتِ كَالْظُلْمِ.



شَيْسَتٌ

## الشَّيْسَتُ

الشَّيْسَتُ صَخْرٌ إِقْلِيمِيٌّ مُتَحَوِّلٌ عَالِي الرَّتَبَةِ مُتَعَدِّ الْأَنْوَاعِ وَمَعَادِنُ الشَّيْسَتِ وَرَقِيَّةٌ أَوْ مُوَازِيَةُ التَّرْتِيبِ كَامِلَةً التَّحَوُّلِ.

تَتَلَقَّفُ الْقِشْرَةُ الْقَارِئَةُ الشَّيْسَتِيَّةَ مِنَ الصُّخُورِ الْإِقْلِيمِيَّةِ مُتَحَوِّلَةٍ عَالِيَةِ الرَّتَبَةِ.



نَاقِيسٌ

## النَّاقِيسُ

النَّاقِيسُ أَعْلَى رَتَبِ الصُّخُورِ الْإِقْلِيمِيَّةِ الْمُتَحَوِّلَةِ، تَفْصِيلُ مَعَادِنِهِ فِي ثَقَلِيٍّ مُتَمَيِّزَةٍ. يَتَصَدَّعُ النَّاقِيسُ فِي كُلِّ الْأَتِجَاهَاتِ، إِلَّا عَلَى أَمْتِدَادِ الثَّقَلِ، كَمَا هِيَ الْحَالُ فِي الشَّيْسَتِ وَالْأَرْدُوَازِ.



سَقْفٌ مَنُزَلِيٌّ مِنَ الْأَرْدُوَازِ بِبَرِيطَانِيَا.

## اسْتِعمَالَاتُ الْأَرْدُوَازِ

اسْتِخْدَامُ الْأَرْدُوَازِ كَمَادَّةٍ تُسْقِيفِ أَوْ كَسَطْحٍ أَفْلَسٍ لِلشُّبُورَاتِ أَنْخَفَضَ بِمُنَافَسَةِ الْمَوَادِّ الْحَدِيدِيَّةِ. مِيزَةُ الْأَرْدُوَازِ الْمُهْمَةُ هِيَ سُهُولَةُ التَّقْلُقِ، وَذَلِكَ بِفَضْلِ بَلُورَاتِهِ الْمِيكَائِيلِيَّةِ الْمُسَطَّحَةِ.

### لَمَزِيدٍ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ انْظُرْ

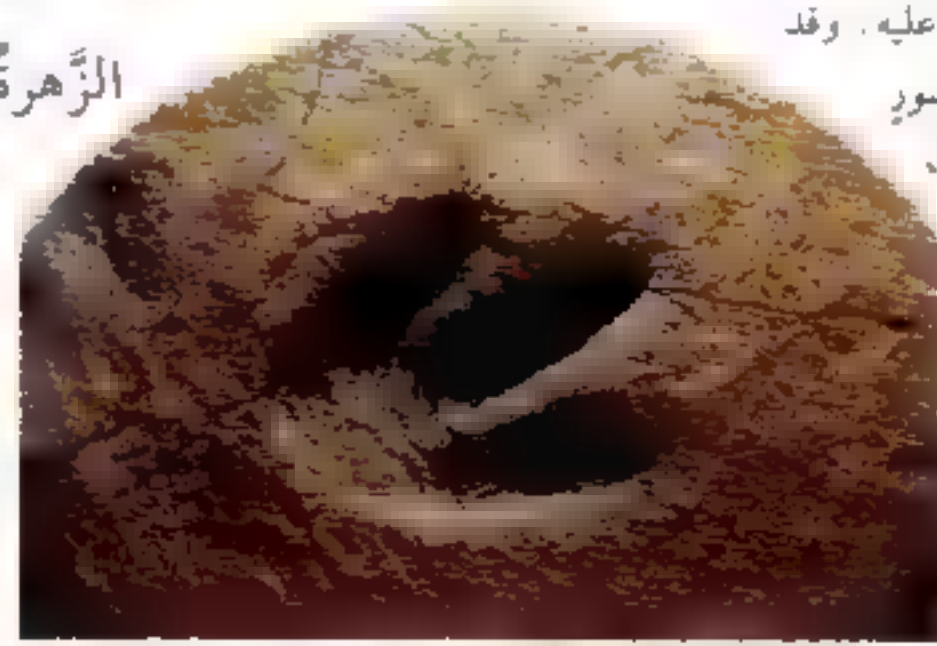
- تَغْيِيرَاتُ الْحَالَةِ ص ٢٠
- نُشُوءُ الْجِبَالِ ص ٢١٨
- الصُّخُورُ الْبُرْكَانِيَّةُ ص ٢٢٢
- الصُّخُورُ الرَّسُوبِيَّةُ ص ٢٢٣
- التَّجْوِيفُ وَالتَّحَاتُ ص ٢٣٠
- حَقَائِقُ وَمَعْلُومَاتُ ص ٤١٥



# الأحافير

آثار أقدم

أحفورة الأثر لا تحوي أجزاء من الكائن الأصلي، إنما هي بقايا آثار تدل عليه. وقد تشمل هذه الأحافير دعة ديناصور كالتي تراها في الصورة المقابلة، وهي وجدت في صخر زمل في كونيتكت، بالولايات المتحدة. كذلك يُعتبر الروث القديم المحفوظ ضرباً من الأحافير بدعوة علماء الجيولوجية نجواً مُنحجراً (كوبروليت).



الخشرة المحتبسة في صمغ الشجر تُحفظ بكاملها عندما يتحول الصمغ إلى كهرمان.

## أنواع الأحافير

هنالك أنواع عديدة من الأحافير المحفوظة، ونادراً ما يوجد الحيوان أو النبات بكامله. وغالباً ما يكون الهيكل الصلب منه هو المتبقى - وفي هذه الحال كثيراً ما تكون المعادن قد حلت فيه محل المادة الأصلية. أما إذا كانت المادة العضوية قد تعفنت وأندثرت بكاملها، فيبقى فقط نحيوب أحفوري يُشاكل الأصل المُندثر.

أشنان سمك القرش صلبة ومتينة، لذا تبقى نولماً تحوّل، خلافاً لباقي الهيكل (العضوي).

الرَّهْرَة المَكْبُوسَة بين طَيَّاتِ كِتَابٍ ثَقِيلٍ، أو في مَكْبَسِ أَزْهَارٍ يُمكنُ حِفْظُهَا لِعِدَّةِ سَنَوَاتٍ. كذلك تَعْمَلُ الصُّخُورُ عَلَى حِفْظِ النَبَاتِ وَالْحَيَوَانِ كَأَحَافِيرِ. وَالْأَحْفُورَةُ هِيَ بَقَايَا كَائِنٍ عَاشَ فِي زَمَنِ غَابِرٍ، حُفِظَتْ فِي الصُّخْرِ؛ وَقَدْ تَكُونُ جِسْماً بَكَامِلِهِ، أَوْ عِظْماً وَاحِدةً، أَوْ مُجَرَّدَ آثَارِ أَقْدَامٍ. تَرَوِي لَنَا الْأَحَافِيرُ قِصَّةَ الْحَيَاةِ فِي الْعُصُورِ الْغَابِرَةِ، كَمَا تُسَاعِدُنَا فِي تَارِيخِ الصُّخُورِ وَالْبَيِّنَاتِ الْقَدِيمَةِ. فَبِهَا نَتَبَيَّنُ مَسَارَاتِ الْمَامُونَاتِ (الْقِبَلَةِ الْمُنْقَرِضَةِ) فِي قِفَارِ التَّنْدَرَا فِي الْعَصْرِ الْجَلِيدِيِّ مِنْذُ

بُضْعَةِ مِلَايِينَ سَنَةٍ، وَالدِينُوصُورَاتِ الَّتِي سَادَتْ الْعَالَمَ قَبْلَ ذَلِكَ بِعَشْرَاتِ مِلَايِينَ السِّنِينَ. كَمَا تُبَيِّنُنَا أَنَّ جَمِيعَ أَشْكَالِ الْحَيَاةِ قَبْلَ ذَلِكَ بِأَزْمَانٍ كَانَتْ فِي الْبَحْرِ. إِنَّ كَثْرَةَ مِنْ تِلْكَ الْكَائِنَاتِ حُفِظَتْ بِقَايَاهَا فِي الْأَرْضِ كَأَحَافِيرِ.

قد تُتَخَذُ أَوْرَاقُ النَبَاتِ فِي الطُّفْلِ نَارَكَةً فَيَلْعَلُ رَفِيقاً مِنَ الْكِرْبُونِ بِشَكْلِ الْوَرَقَةِ الْأَصْلِيِّ. وَإِذَا مَا حَدَثَ مِنْهَا لِبَقَايَاتُ بِكَامِلِهَا، فَالْنَاتِجُ هُوَ نَحْمٌ حَجَرِيٌّ.



الحُلالُ الْبَقَايَا الْأَصْلِيَّةُ بِكَامِلِهَا، قَدْ يَتَرَكُ نَجُوباً فِي الصُّخْرِ يُدْعَى قَالِيًا، لِإِذَا أَمْتَلَا الْقَالِبُ بِالْمَعَادِنِ لَاحِقًا، فَالْهُ يُنْتِجُ أَحْفُورَةً تُدْعَى صُتَّةً أَوْ عَضْبُونَةً.

يَبْرُ سِنْفِي الثَّابِتِينَ عِنْدَمَا يَوْجَدُ هَيْكَلٌ عَظْمِيٌّ مَحْفُوظًا بِالْكَامِلِ، فَقَدْ يُرَكَّبُ وَيُسْتَدُّ فِي مُتَحَفٍ وَيُغْرَضُ لِلْعُمُومِ. مِثَالُ ذَلِكَ هَذَا الْهَيْكَلُ الْعَظْمِيُّ الْأَحْفُورِيُّ لِيَبْرُ سِنْفِي الثَّابِتِينَ وَجَدَ فِي خُفْرِ الْقَارِ فِي لُوسِ أَنْجَلُوسِ، كَالِيفُورْنِيَا، بِالْوِلَايَاتِ الْمُتَّحِدَةِ.

## يَبْرُ سِنْفِي الثَّابِتِينَ

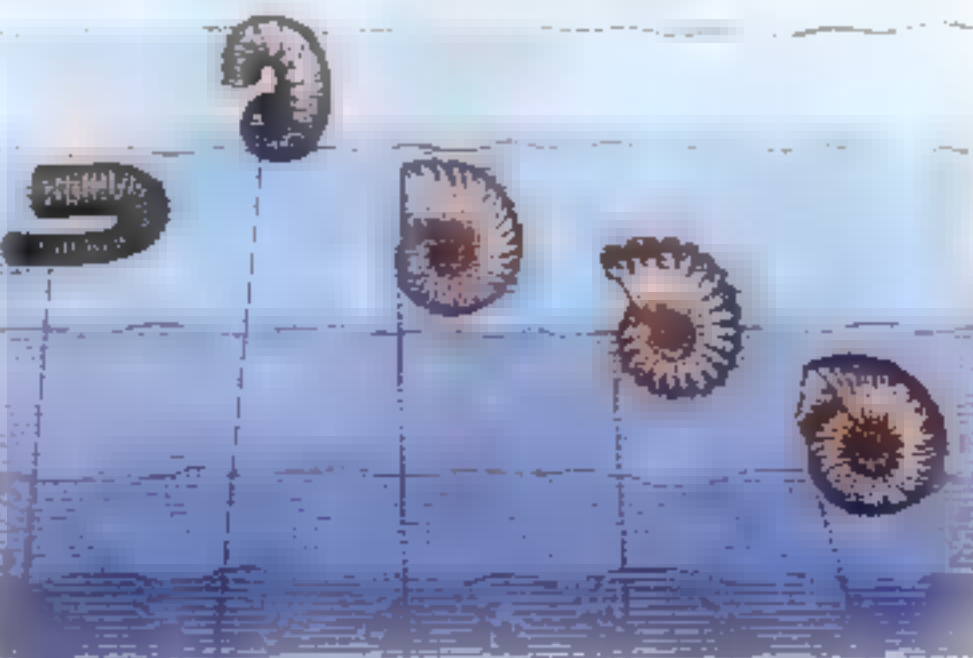
عِنْدَمَا يَوْجَدُ هَيْكَلٌ عَظْمِيٌّ مَحْفُوظًا بِالْكَامِلِ، فَقَدْ يُرَكَّبُ وَيُسْتَدُّ فِي مُتَحَفٍ وَيُغْرَضُ لِلْعُمُومِ. مِثَالُ ذَلِكَ هَذَا الْهَيْكَلُ الْعَظْمِيُّ الْأَحْفُورِيُّ لِيَبْرُ سِنْفِي الثَّابِتِينَ وَجَدَ فِي خُفْرِ الْقَارِ فِي لُوسِ أَنْجَلُوسِ، كَالِيفُورْنِيَا، بِالْوِلَايَاتِ الْمُتَّحِدَةِ.

## لمزيد من المعلومات انظر

- الكربون ص ٤٠
- الصخور والمعادن ص ٢٢١
- الصخور الرسوبية ص ٢٢٣
- الصخور سجلات جيولوجية ص ٢٢٦
- التجوية والتحات ص ٢٣٠
- حقائق ومعلومات ص ٤١٥

الحيوانات الأحفورية (المتحجرة) التي تطورت بشرة، وانتشرت في مناطق واسعة من العالم، هي الأكثر نفاً في تاريخ الصخور. والامونيت، وهو أحفورة حيوان أخطبوطي الشكل في صدفة حلزونية، مثل جيد على تلك الكائنات.

يساعد الامونيت في تاريخ الصخور.



دوقيليراس | فووليس | شكافيس | فماتيس | فورييزي | فمبلاثوم | بيتاتس | إكواليس | فمكسيس

مجموعة امونيت في حجر طباشيري أحمر

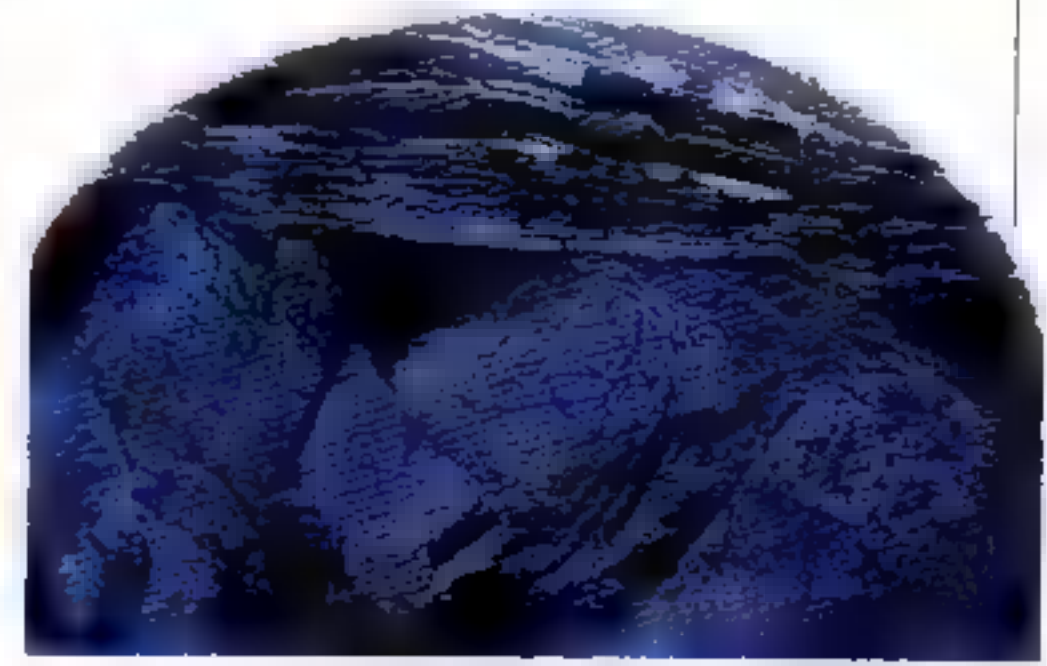
## التاريخ الأحفوري

الأحافير تُسَاعِدُ فِي تَارِيخِ الصُّخُورِ. فَإِذَا حَوَى الصُّخْرُ أَحْفُورَةَ حَيَوَانٍ، نَعْرِفُ أَنَّهُ عَاشَ خِلَالِ عَصْرِ مُعَيَّنٍ، عِنْدَئِذٍ يُمكنُ تَارِيخُ الصُّخْرِ مِنْذُ ذَلِكَ الْعَصْرِ. وَإِذَا وَجَدَتْ فِي ذَلِكَ الصُّخْرِ أَحَافِيرُ عِدِيدَةٌ مَعْرُوفَةٌ التَّوَارِيخِ، يَصْبِحُ التَّارِيخُ أَكْثَرَ دَقَّةً؛ ذَلِكَ لِأَنَّ الصُّخْرَ يَكُونُ قَدْ تَكَوَّنَ وَتَرَكَبَ أَثْنَاءَ تَعاقُبِ تِلْكَ الْعُصُورِ.



# الصُّخُورُ سِجَلَاتٌ جِئُولُوجِيَّة

الصُّخُورُ التي نُشَاهِدُهَا حَوْلَنَا اليَوْمَ زَاخِرَةٌ بِأَحَافِيرٍ دَلَالِيَّةٍ مِنَ الْمَاضِي تُسَجِّلُ الْكَثِيرَ مِنْ تَارِيخِ الْأَرْضِ، كَأَنَّهَا صَفْحَاتٌ فِي كِتَابٍ. وَلَمَّا كَانَتْ طَبَقَاتُ الصُّخْرِ الرَّسُوبِيِّ قَدْ تَرَسَّبَتْ، عَلَى الزَّمَنِ، بَعْضُهَا فَوْقَ بَعْضٍ، فَإِنَّ الطَّبَقَاتِ السُّفْلَى هِيَ بِالطَّبَعِ الْأَقْدَمُ عَهْدًا. وَالْجِئُولُوجِيُّ الْخَيْرُ، بِتَحْرِيهِ هَذِهِ الطَّبَقَاتِ بِالذَّرْسِ الدَّقِيقِ، تَبَيَّنَ لَهُ الظُّرُوفُ الْحَيَاتِيَّةُ وَالْبَيْئَةُ الَّتِي تَرَسَّبَتْ فِيهَا كُلُّ طَبَقَةٍ. فَتَرَكِبُ الصُّخْرُ وَبَيْئَتُهُ وَمُحْتَوَاهُ الْأَحْفُورِيُّ تَرْسُمُ، بِمَجْمُوعِهَا، صُورَةً لِبَيْئَةٍ مُعَيَّنَةٍ فِي الْمَاضِي السَّحِيقِ. إِنَّ دِرَاسَةَ الصُّخُورِ هَذِهِ تُدْعَى عِلْمَ وَصْفِ طَبَقَاتِ الْأَرْضِ، أَوْ الْجِئُولُوجِيَّةِ التَّارِيخِيَّةِ.



لا تُوَافِقُ طَبَقَتِي، فِي صَخُورِ الْأَخْدُودِ الْعَظِيمِ (الْفَرَانْدِ كَالْيُونِ) فِي أَرِيْزُونَا، بِالْوَلَايَاتِ الْمُتَّحِدَةِ.

## لا تُوَافِقُ (طَبَقَتِي)

إِنَّ أَيْ أَنْتِظَاعٍ فِي تَوَالِي الطَّبَقِ الصُّخْرِيِّ يُدْعَى لَا تُوَافِقًا. وَهُوَ يَحْدُثُ عِنْدَمَا تُرْفَعُ طَبَقَةٌ صَخْرِيَّةٌ لِتَكُونَ سِلْسَلَةً حَلِيَّةً، ثُمَّ تُصْبَحُ بِالْحَتِّ وَالتَّجْوِيهِ سَطْحًا مُسْتَوِيًا يَغْمُرُهُ الْبَحْرُ، وَتَرَسَّبُ فَوْقَهُ طَبَقَاتٌ صَخْرِيَّةٌ. وَهَذَا يُحْدِثُ ثَغْرَةً فِي سِجَلِ تَارِيخِ الْأَرْضِ.

## تَعاقُبُ الصُّخُورِ

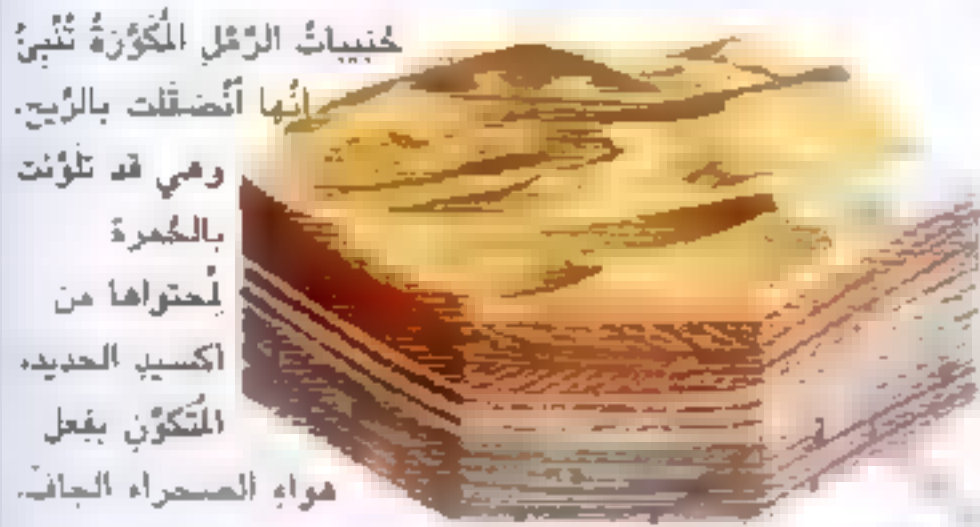
يُسْتَنْبَطُ تَارِيخُ مِنتَقَةٍ مَا مِنْ تَوَالِي صُّخُورِهَا وَتَعاقُبِهَا. فَإِذَا لَمْ يَغْمُرْ عَمُودُ الصُّخُورِ أَيْ أَضْطَرَابُ، تَكُونُ طَبَقَاتُ الصُّخْرِ السُّفْلَى، حَتْمًا، هِيَ الْأَقْدَمُ وَالطَّبَقَاتُ الْأَعْلَى هِيَ الْأَحْدَثُ عَهْدًا - وَهَذَا هُوَ مَبْدَأُ التَّضَايُفِ التَّارِيخِيِّ. وَهَكَذَا، فَإِنَّ طَبَقَاتِ الصُّخْرِ تُعْتَمَلُ عُصُورًا تَعاقِبَتْ وَاحِدُهَا بَعْدَ الْآخَرِ. وَهَذَا التَّمَوُّذُجُ يَحْكِي قِصَّةَ بَحْرِ ضَحْلٍ غَمَرَتْهُ دِلْنَا نَهْرٌ بِالرَّمْلِ ثُمَّ غَدَا فِي النِّهَايَةِ صَحْرَاءَ.

## اكتشافات

١٦٥٠ المَطْرَانُ أَشْرَ مِنْ أَيْرْلَنْدَا يُحَدِّثُ الْعَامَ ١٧٠٤ ق.م. تَارِيخًا لِخَلْقِ الْأَرْضِ. ١٦٦٩ عَالِمُ الْمَعَادِنِ الْهُولَنْدِيُّ نِقُولَاوسُ سْتِرُون، يَلْحَظُ أَنَّ الصُّخُورَ الرَّسُوبِيَّةَ تَكُونُ فِي الْبَحْرِ وَأَنَّ سَطْحَ الْبَحْرِ، بِالنَّاتِلِ، يَتَغَيَّرُ دَوْمًا. ١٧٨٨ الْعَالِمُ الْجِئُولُوجِيُّ الْأِسْكَوْتَلَنْدِيُّ، جِيمْسُ فَتُون، يَقَرِّرُ أَنَّ الصُّخُورَ الرَّسُوبِيَّةَ تَكُونُ بِالنَّحَاتِ وَالتَّرْسُوبِ. ١٨٣٠-١٨٣٣ الْعَالِمُ الْجِئُولُوجِيُّ الْبَرِيطَانِيُّ، السَّيْرُ شَارْلُ لَابِل، يَنْشُرُ كِتَابَهُ «مَبَادِي الْجِئُولُوجِيَّة»، يَقُولُ فِيهِ إِنَّ الْعَوَامِلَ الْمُؤَثِّرَةَ فِي سَطْحِ الْأَرْضِ حَالِيًا لَمْ تَقْطَعْ طَوَالَ جَمِيعِ مَرَاكِلِ تَارِيخِ الْأَرْضِ.

## الْعَلَامَاتُ النَّبَاتِيَّةُ

التَّطَبُّقُ الْمُتَمَعِّجُ (المَعْرُوفُ بِالْعَلَامَاتِ النَّبَاتِيَّةِ) فِي طَبَقَةٍ مِنَ الْحَجَرِ الرَّمْلِيِّ، يُبَيِّنُ أَنَّ الرَّمْلَ قَدْ تَرَسَّبَ فِي نَهْرٍ، وَأَنَّ ثَارَ النَّهْرِ الْمُتَغَيَّرُ كَوْنُ «الْأَلْبَسَةِ الرَّمْلِيَّةِ» الْبَاقِيَةِ. عِلَامَاتٌ تَبَارِيَّةٌ وَاسِعَةٌ النِّطاقِ فِي صُّخُورٍ وَيَلْدَنُ الرَّمْلِيَّةِ فِي مَسَابِكُسْ، بِإِنْكَلْتَرَا.



خَبِييَاثُ الرَّمْلِ الْمَكُونَةُ تُبَيِّنُ أَنَّهَا انْتَضَقَتْ بِالرَّيْحِ. وَهِيَ قَدْ تَلَوَّنَتْ بِالْحُمْرَةِ لِمُحْتَوَاهَا مِنْ أَكْسِيدِ الْحَدِيدِ، الْمُتَكَوِّنِ بِفَعْلِ هَوَاءِ الصَّحْرَاءِ الْجَافِ.

## البَيْئَةُ الصَّحْرَاوِيَّةُ

فِي الصَّحْرَاءِ، تَسْفِي الرِّيحُ الرَّمْلَ مِنْ مَكَانٍ إِلَى آخَرَ لِتَسْقُطَ مُوَقَّتًا فِي كُتْبَانٍ رَمَلِيَّةٍ. وَتَسْتَجِجُ قُرُونُ خَبِييَاثِ الرَّمْلِ بِالْإِحْتِكَاكِ فَيَتَّحِدُ مُحْتَوَاهَا مِنَ الْحَدِيدِ بِأَكْسِيدِ الْهَوَاءِ فَتَشْرِبُهَا حُمْرَةٌ مُبَيَّرَةٌ.



## بَيْئَةُ دِلْنَاوِيَّةُ

فِي الدِّلْنَا، نَجَلِبُ رَوَافِدُ النَّهْرِ الرَّمْلَ إِلَى الْبَحْرِ، فَيُغَطِّي قُرَارَاتِ الْبَحْرِ الْمُوجِلَّةِ وَيَكُونُ جُزْرًا تَنْمُو فَوْقَهَا انْتِبَاتَاتٌ. لَكِنْ هَذِهِ الْجُزُرُ هِيَ جُزُرٌ مُؤَقَّتَةٌ لِأَنَّ غَالِبًا مَا يَغْمُرُهَا الْبَحْرُ لِأَجْفًا.



عِظَامُ دِينَوَصُورٍ وَجُدَتْ فِي يُوتَا، بِالْوَلَايَاتِ الْمُتَّحِدَةِ الْأَمْرِيكِيَّةِ.

الصُّخْرُ الْأَحْدَثُ عَهْدًا هُوَ طَبَقَةٌ سَمِيكَةٌ مِنَ الْحَجَرِ الرَّمْلِيِّ الْأَحْمَرِ، وَهَذَا دَلِيلٌ عَلَى بَيْئَةٍ صَحْرَاوِيَّةٍ.

الْحَجَرُ الرَّمْلِيُّ مُتَّصِلٌ بِطَبَقَتِي وَهَذَا يَحْدُثُ مِنْ تَحْرُكٍ كُتْبَانٍ الرَّمْلَ بَعْضُهَا فَوْقَ بَعْضٍ.

الْمُغْلَلُ يَنْتَوِي مِنْ الرُّحُولِ، وَالْحَجَرِ الرَّمْلِيِّ مِنْ رَمْلِ الضَّفَافِ النَّهْرِيَّةِ، وَالْفَحْمِ الْحَجَرِيِّ مِنَ النَّبَاتَاتِ النَّاسِيَةِ فِي تِلْكَ الضَّفَافِ.

تَتَوَاجَدُ فَوْقَ الْحَجَرِ الْكَلْسِيِّ طَبَقَاتٌ رَقِيْقَةٌ مِنَ الطُّفْلِ الطَّرِيِّ وَالْحَجَرِ الْكَلْسِيِّ الرَّمَادِيِّ الصَّلْبِ، مَعَ بَعْضِ طَبَقَاتِ مِنَ الْفَحْمِ الْحَجَرِيِّ.



كَرْبُونَاثُ الْكَالْسِيُومِ الْمَذَابَةُ فِي الْمَاءِ، تَتَرَسَّبُ كَقَرَارَةٍ مِنَ الْبَلُورَاتِ الْبَيْضِ الدَّقِيقَةِ عَلَى قَاعِ الْبَحْرِ.

عِنْدَمَا تَمُوتُ الْحَيَوَانَاتُ الصَّدْفِيَّةُ الْبَحْرِيَّةُ تَتَجَمَّعُ أَصْدَاقُهَا عَلَى قَاعِ الْبَحْرِ (إِذَا لَمْ يَكُنْ هُنَاكَ تَبَارَاتٌ قَوِيَّةٌ تَجَرِّقُهَا بَعِيدًا).



## الْأَحَافِيرُ فِي الصُّخُورِ

بَعْضُ الْحَيَوَانَاتِ لَا يَسْتَطِيعُ الْعَيْشُ إِلَّا فِي أَحْوَالِ بَيْئَةٍ مُعَيَّنَةٍ. إِنَّ وُجُودَ مِثْلِ هَذِهِ الْأَحَافِيرِ فِي طَبَقَةٍ صَخْرِيَّةٍ يُبَيِّنُ عُلَمَاءَ الْجِئُولُوجِيَّةِ عَنِ الظُّرُوفِ الَّتِي تَكُونُ فِيهَا ذَلِكَ الصُّخْرُ.



## جيمس هتن

كان الاسكتلندي، جيمس هتن (١٧٢٦-١٧٩٧) مؤرخاً جيولوجياً قديماً. فقد نشر في العام ١٧٩٥، كتاباً بعنوان «نظرية في علم الأرض» بين فيه أن معالم الأرض تطورت وتطور على مدى العديد من السنين بفعل تغيرات لا تزال فاعلة في الوقت الحاضر. كما أرتأى أن ليس هناك علامات تدل على بداية الأرض، ولا دلائل مستقبلية على نهايتها.

## العصر الطباشيري

استمر العصر الطباشيري من ١٤٦ مليون إلى ٦٥ مليون سنة قبل العصر الحاضر، نشطت في الأرض خلال الزواحف الضخمة وفيه انفصلت معظم القارات الحديثة عن كتلة اليابسة الأم (الپانجيا) وفُحرت الكثير منها بحاراً طباشيرية ضخمة.



## العصران الثلاثي والجوراسي

امتد العصران الثلاثي والجوراسي من ٢٥٠ مليون إلى ١٤٦ مليون سنة قبل العصر الحاضر. وكانت الزواحف قد أخذت بالتطور على الأرض، كما بدأت أم القارات بالتحلل وتراجعت الصحاري لتحل محلها الغابات والمستنقعات.



## العصران الكربوني والبرمي

امتد هذان العصران من ٣٦٣ مليون إلى ٢٥٠ مليون سنة قبل العصر الحاضر. وفيهما تم تجميع القارات لتألف كتلة اليابسة الكبرى (الپانجيا أو أم القارات) ونمت الغابات (التي كوَّنت الفحم الحالي) في الدلتاوات حول ما تكون من جبال وصحاري.

## العصر الديفوني

دام العصر الديفوني من ٤٠٩ ملايين إلى ٣٦٣ مليون سنة قبل العصر الحاضر. وفيه بدأت القارات بالتحرك بعضها نحو بعض، وظهرت حيوانات اليابسة الأولى كالحشرات والبرمائيات، كما زحزت البحار بالأسماك.

## العصران الأوردوفيسي والسيلوري

امتد هذان العصران من ٥١٠ ملايين إلى ٤٠٩ ملايين سنة قبل العصر الحاضر. وفي ذلك الزمن، ازدهرت الحياة البحرية وظهرت الأسماك الأولى، كما أخذت نباتات اليابسة الأولى تنمو حول الشواطئ ومصبات الأنهار.

لمزيد من المعلومات انظر
النشاط الإشعاعي (الفاعلية الإشعاعية)
ص ٢٦
بنية الأرض ص ٢١٢
الصخور والمعادن ص ٢٢١
الأحافير ص ٢٢٥
التجوية والتحات ص ٢٣٠

## العصر الرابع

الزمن، منذ ١,٦٤ مليون سنة حتى الوقت الحاضر، يُدعى العصر الرابع - وخلالَه حدث العصر الجليدي وتطور الإنسان (انظر الرسم المقابل).



## العصر الثالث

الزمن الممتد من ٦٥ مليون حتى ١,٦٤ مليون سنة خلت، يُدعى العصر الثالث. وخلالَه ظهرت اللبونات (الثدييات) والطيور لتحل محل الدينصورات والزواحف الضخمة الأخرى التي انقرضت أو كانت. كما تراجعت الغابات لتحل محلها الشهب العشبية وأصبح المناخ أبرد.

## الأزمة الجيولوجية

يمكن توقيت الأحداث في تاريخ الأرض بإحدى طريقتين. الطريقة الأولى والأفضل هي التاريخ المقارن، حيث يُؤقت الحدث قبل أو بعد حدث آخر. أما الطريقة الأخرى فهي التاريخ المطلق حيث تُعطي الأحداث تواريخ فعلية مُحَدَّدة. لكن التاريخ المطلق عسير جداً، إذ إن جدول الأزمة المُحدَّدة هكذا قد يتغير مع كل بينة جديدة تُكتشف.

## عمود جيولوجي

كما نُورخ تاريخ البشر بشية العصور بأسماء أحداث مشهورة فيها، كالعصر قبل كولمبوس، كذلك نُقسّم الزمن الجيولوجي إلى عصور تبعاً لنوع الحياة السائدة في تلك العصور. وتُجمع هذه العصور معاً في حقب جيولوجية.

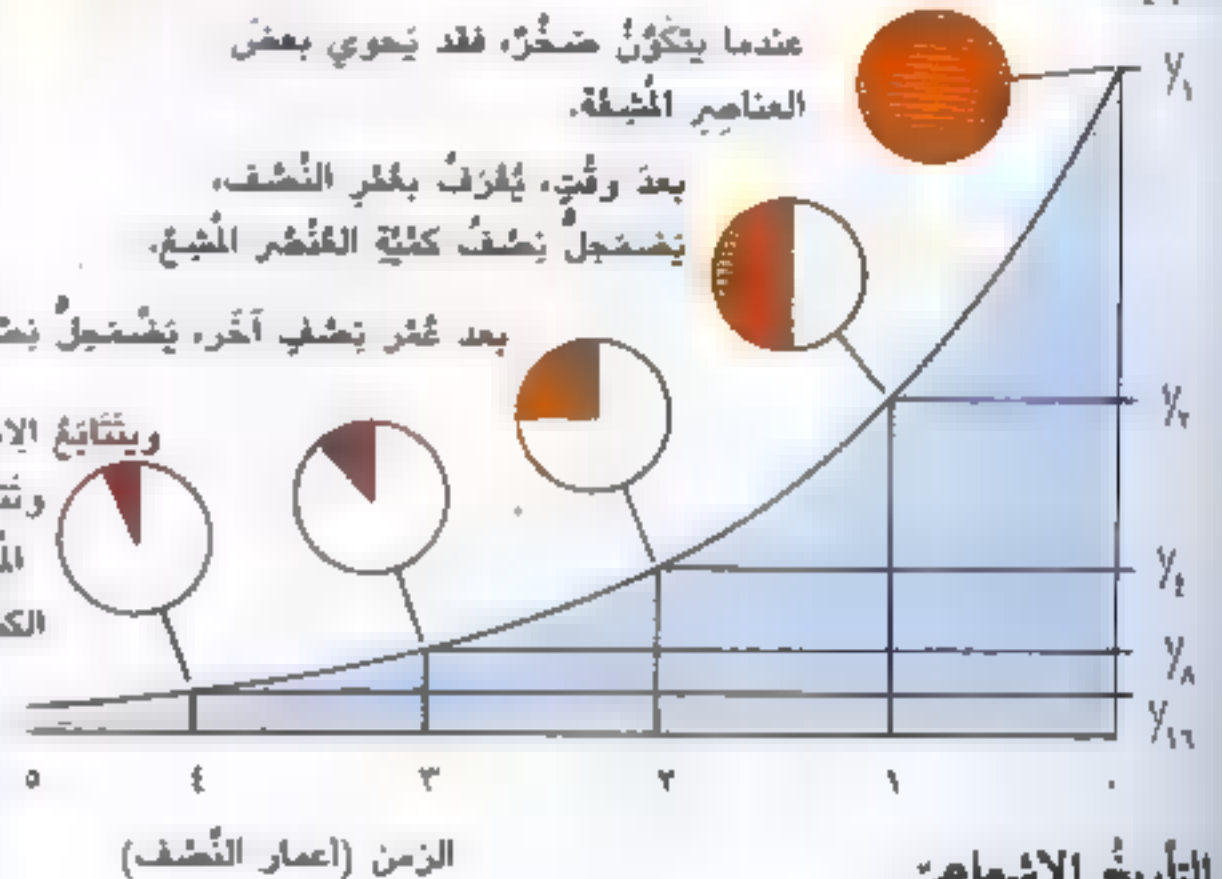
كتلة  
شبه  
مستقبلية

عندما يتكوّن صخر، فقد يحوي بعض العناصر المشعة.

بعد وقت، يُفقد ببطء النصف، فيُستجّل نصف كمية العنصر المشع.

بعد عشر نصف آخر، يُستجّل نصف الباقي.

ويتتابع الاضمحلال على هذا الموال وتتناقص نسبياً كمية العنصر المشع المتبقية في الصخر. وبقياس تلك الكمية يُمكن أحساب عمر الصخر.



## التاريخ الإشعاعي

في معظم الصخور توجد كمية ضئيلة من العناصر المشعة، ومع مرور الزمن، تتفكك هذه إلى عناصر أكثر استقراراً. ولما كان العلماء يعرفون معدل تفككها بالضبط، فإنه يُمكن أحساب عمر الصخر من نسبة العناصر المشعة المتبقية التي يحتويها. فكلما تضاعفت كمية تلك العناصر، يكون الصخر أعتقاً، وهذا نوع من أنواع التاريخ المطلق.

## العصر الكمبري

امتد العصر الكمبري من ٥٧٠ مليون إلى ٥١٠ ملايين سنة قبل الوقت الحاضر. وفيه لم تكن الحياة قد بدأت على اليابسة، لكن مختلف أنواع الحيوانات البحرية كانت متواجدة والحيوانات الضلدة البحري منها هي التي كوَّنت الكثير من أحافير عصرنا الحاضر.

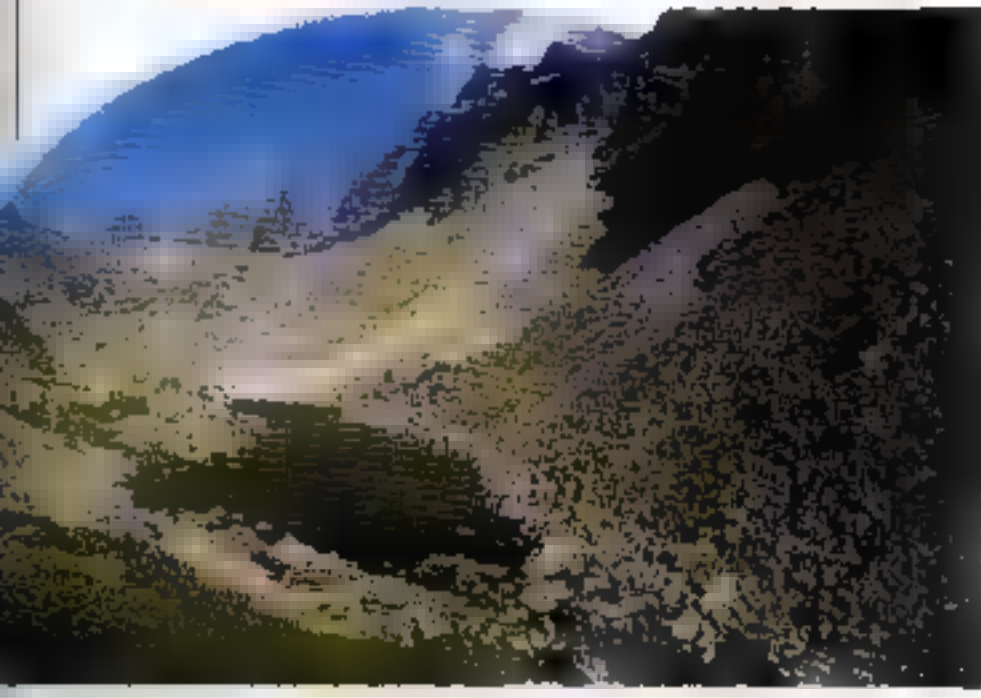
## العصر قبل الكمبري

هذا العصر هو أطول الأزمان الجيولوجية آميناً، إذ يستغرق سبعة أثمان تاريخ الأرض حتى ٥٧٠ مليون سنة قبل الوقت الحاضر. وهو يُقسّم إلى عشرين: الأركي الباكر الذي لم تتواجد فيه حياة، وعصر طلوع الأحياء حيث بدأت بعض أشكال الحياة بالظهور.



# الجليد والمثلج

إذا كَبِسَتْ قَبْضَةٌ مِنَ الثَّلْجِ فَإِنَّهَا تَتَماسَكُ وَتَصَلُبُ - ذلك لأنَّ ضغطَ اليدِ يُحوِّلُ جُسيماتِ الثَّلْجِ إلى بلُّوراتٍ جليديَّة. ويَحدثُ الشيءُ نفسه عندما تتراكمُ كتَلُ الثَّلْجِ الضخمةُ بعضها فوقَ بعضٍ، مُحَوِّلةً الطبقاتِ التَّحتيَّةَ، بضغطها، إلى جليد. وقد يحدثُ هذا في وادٍ جبليٍّ أو سَفْحٍ تُظِلُّهُ سِلْسِلَةٌ جبليَّة، حيثُ يَتراكمُ الثَّلْجُ، دونَ أنصهار، سنةً بعدَ سنة. فيكوِّنُ الثَّلْجُ المضغوطُ في التجاويفِ كتَلًا جليديَّة، تتحرَّكُ بِطَءٍ نحوَ السُّفوحِ الأخفضِ تُعرَفُ بالمَثلِج. وفي القارَّاتِ الباردة، يتراكمُ الجليدُ مُكوِّنًا قِلايسَ جليديَّةً ضخمة.



بحيرة على ارتفاع ١٨٠٠م في وادي فلكا ستورينا، نولينا، بنشيكوسلوفاكيا.

## بَعْدَ المَثلِجَةِ

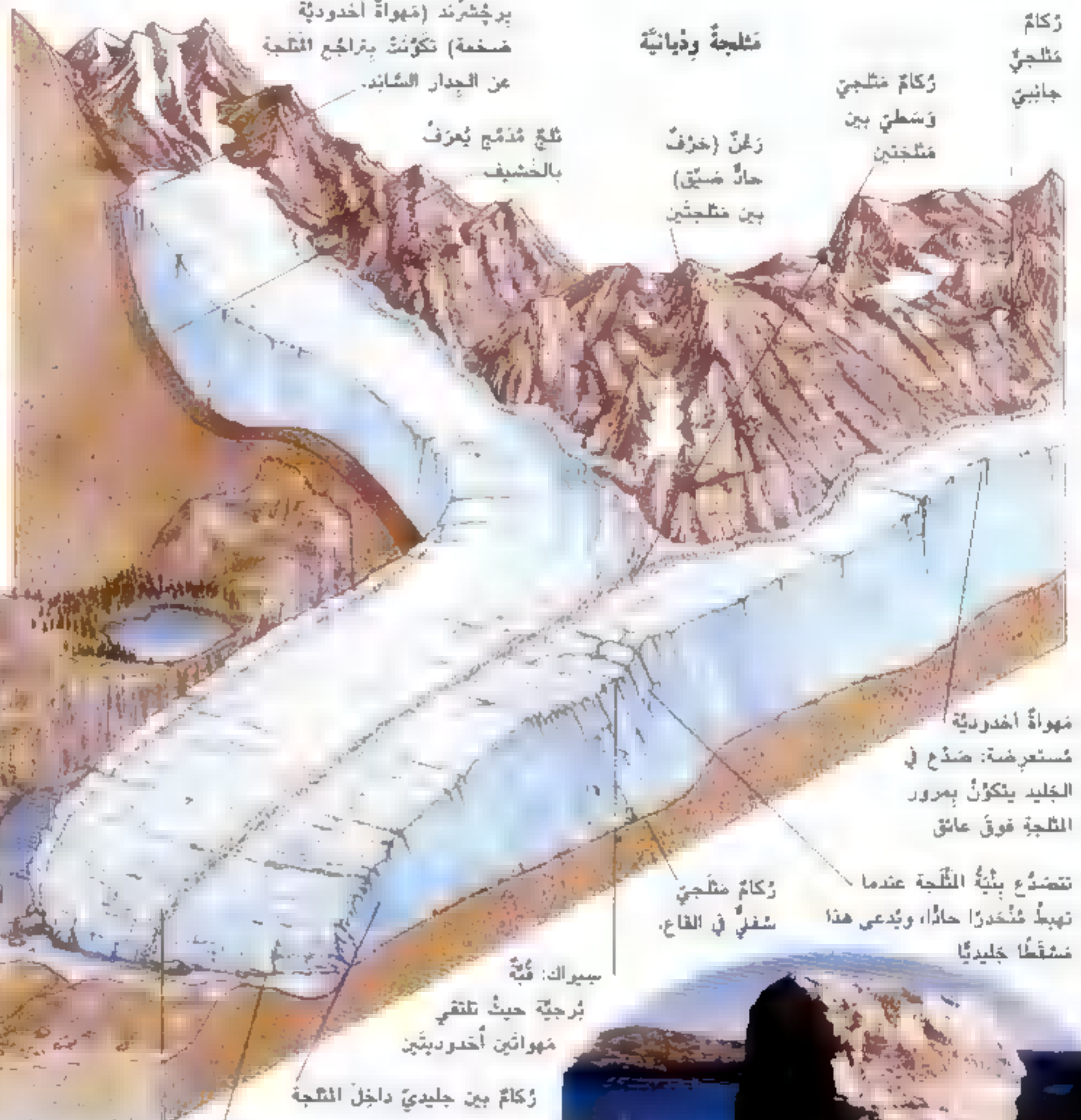
تَبْدُلُ مَثلِجَاتُ الأودية ضَغْطًا كبيرًا على قاعِدَةِ الوادي وجوانِبِهِ فتُسلِّطُها. وعندما ينصهرُ الجليدُ لاحقًا يبدو الوادي نُونِي الشَّكْلِ - عموديَّ الجانبين مُنْطَبِحُ القاع.

## مَثلِجَةٌ وديانيَّة

يبدأ جليدُ المَثلِجَةِ بالحركِ مُلبسًا نَظِيْفًا مُعْطَى بالثلج، لكنَّه سُرْعانَ ما يَتَضَعُ ويتَلَطَّحُ بِمُخَاتِ الصَّخُورِ المُتَناثِلِ من جوانِبِ الوادي. أمَّا طَرَفُ المَثلِجَةِ السُّفْلِي (أو الخَطَم) فيبدو أكثرَ أَسَاجًا لأنَّ بعضَ الصَّخُورِ الدَفيئةِ تَظْهَرُ الآنَ على السُّطح. كما إنَّ الفُجَاجَ والأنفاقَ التي تَحْفَرُها مِياهُ الانصهارِ في الجليدِ، تُزِيدُ في أَسَاجِهِ.

الوادي المُغْلَقُ وادٍ جانبيٍّ صغير مُرتَبِعٌ بعد أن تَغْلِقَ الوادي النُونِي الأكبر.

رُكَّامٌ جليديٌّ طَرَفِيٌّ مُتَبَوِّعٌ بعدَ تراجُعِ المَثلِجَةِ.



تَلْجَةٌ: قَلْبٌ يَلْتَاوِي كَوْنَهُ مِياهُ الانصهارِ

المَثلِجَةُ تُنْسابُ إلى البَحرِ.

شُحْرُكَاكٌ الأمواج والمَدُّ والخَزَرُ تُضَدِّعُ خُطَمَ المَثلِجَةِ.

المَثلِجَةُ "تُفَرِّغُ" جَبَلًا جليديًّا

**جبالُ الجليدِ في نِصْفِ الكُرَّةِ الشماليِّ**  
عندما تَصلُ المَثلِجَةُ إلى البَحرِ، خاصَّةً على أَمْتِدادِ سواحِلِ جُربِنِلَنْدِ، يُماوِجُها المَدُّ والجزرُ والأمواجُ ضَعُوقًا ومُهِوْطًا؛ فَتَضَعُ (وتَترَوِّلُ) منها قِطْعٌ ضَخْمٌ يُظَفِّرُ بَعيدًا كَجِبالِ جليديَّة.

**الأنقاضُ الجليديَّة**  
الموادُّ الصَّخريَّةُ التي تَلْتَقِطُها المَثلِجَاتُ وتَحْمِلُها مَعها ثُمَّ تُخَلِّقُها بالانصهارِ تُدْعَى رُكَّامًا جليديًّا. وقد يحوي الرُّكَّامُ حُومًا من الطينِ أو جَلامِيَّةً ضخمةً كانت قد حُمِلَتْ لِبَعدَةِ أَسْمال. إنَّ مُعْظَمَ طَبيعَةِ الأرضِ في نِصْفِ الكُرَّةِ الشماليِّ قد تَشَكَّلَتْ من الرُّكَّامِ الجليديِّ التي خَلَقَتْها المَثلِجَاتُ بعدَ العَصْرِ الجليديِّ.



## العصور الجليدية

في أزمنة معينة من تاريخ الأرض، تشتد برودة المناخ ويغطى الأرض غطاء جليدي شاسع. وتعرف هذه الأزمنة بالعصور الجليدية. وقد بدأ أحدثها منذ ١,٦ مليون سنة وأنهى منذ ٢٠,٠٠٠ سنة. وكانت قد حدثت عصور جليدية أخرى سابقاً - منها أربعة في عصور ما قبل الكمبري وواحد في العصر الأوردوفيسي وآخر في أواخر العصر الطباشيري وأوائل العصر البرمي.

## لويس أچاسيز

كان السويسري، لويس أچاسيز، أول من أدرك حدوث عصور جليدية سابقاً. فقد لاحظ أن بعض معالم طبيعة الأرض في سويسرا قد كونتها الثلوج. ثم شاهد معالم مماثلة في اسكتلندا حيث لا تتواجد مثلج حالياً. فاستنتج أن اسكتلندا كانت مغطاة بالجليد في زمن ما سابقاً.

لويس أچاسيز (١٨٠٧-١٨٧٣)

## غطاء جليدي

في أقصى الشمال وأقصى الجنوب، تراكمت الثلوج فوق مناطق قارية مشكّلة أغطية، أو قلائس جليدية، تحركت نحو الخارج لا نحو الشقوق كمثالج الأودية. والغطاءان الجليديان الرئيسيان هما القلنسوة الجليدية في القطب الجنوبي والقلنسوة الجليدية في جرينلاند. وهما يؤلفان ٩٠ في المئة من مياه الأرض العذبة، علماً أن الثلوج في وسط القارة ستأخذ طريقها في نهاية المطاف إلى الحافة كجليد.

جبل بارد من الغطاء الجليدي كدروية مسخية منعزلة

منالغ سفحية تتكون باتحاد منالغ الأودية

ركام جليدي تحمله جبال الجليد مسافات شاسعة وتسقطه على قاع البحر

ورث الجليد الذي يتركه المد والجزر يفتتح مجزأة ههنا من طاقة المد العاليية.

جبال جليدية غريضة مسطحة القمم

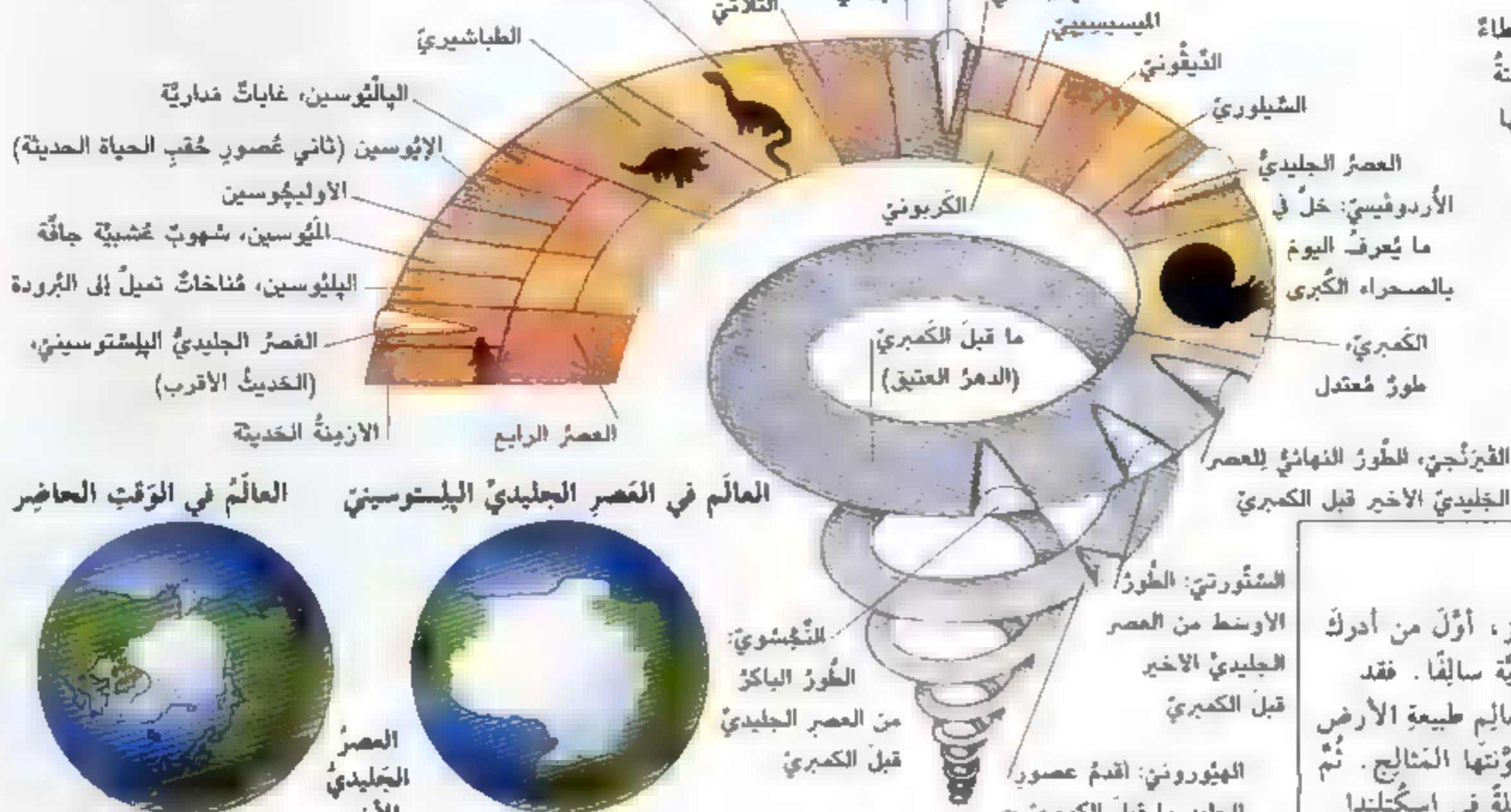
## جبال الجليد في نصف الكرة الجنوبي

جبال الجليد في المحيط الجنوبي المنصاعدة من الارصفة الجليدية للقارة القطبية غريضة ومسطحة. وقد يبلغ طولها عدة مئات من الكيلومترات وتبقى عدة سنوات قبل أن تنضهر. وغالباً ما يجري تبغها بالسوازل للمساعدة في تشكيل صورة عن محيطات العالم.

غطاء جليدي مسيخ مشقوق يزحف ببطء نحو البحر

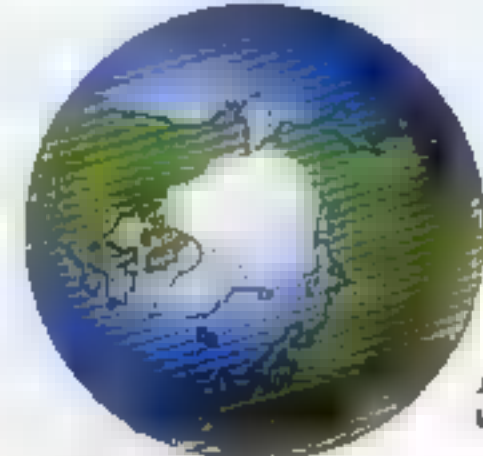
العصر الجليدي الكربوني البرمي؛ خلاله غطت الثلج معظم نصف الكرة الجنوبي

الجوراسي؛ أوايسط عصر الدينوصورات، ثنائيات أطية



العالم في الوقت الحاضر

العالم في العصر الجليدي البليستوسيني



العصر الجليدي البليستوسيني كان عديم الانظام جداً. فقد تقدّمت خلاله الثلوج ثم تراجعَتْ بعد بضعة آلاف من السنين، مُفسحة المجال لخفية بين جليدية ذات مناخ أدفأ نسبياً من مناخ وقتنا الحاضر. وقد تكررت هذه الدورة (تقدماً وتراجعاً) ٢٠ مرة خلال الـ ١,٦ مليون سنة من العصر الجليدي. ولعلها لما تنتهي، فقد تكون حالياً في فترة بين جليدية أخرى.

## قلنسوة جليدية

تتكوّن ثنائيات الأودية عند تحرك القلائس الجليدية بين التّرى الصخرية المنعزلة

إتجاه الرياح الشائدة

بحيرة مائية تكوّن بالضغط

ارتفاع الأرض بدون الثلجة

ارتفاع الأرض بالثلجة

## القلنسوة الجليدية

قد يغلو سطح القلنسوة المكتسح بالرياح أكثر من كيلومتر فوق صخر الأديم. ففي القارة القطبية الجنوبية يسقط حوالي ١٥ سم من الثلج فقط في السنة، لكنّها كلّها في نهاية المطاف تُصمّط جليداً.

## لمزيد من المعلومات انظر

- الصفحة ١٢٧
- الطقس والغزص من ١٢٩
- التجوية والتحات من ٢٣٠
- الأنهار من ٢٣٣
- البحار والمحيطات من ٢٣٤
- حقائق ومعلومات من ٤١٤



# التَّجْوِيَّةُ وَالتَّحَاتُّ

أثر التجوية والتحات في الصخور

يَتَغَيَّرُ سَطْحُ الْأَرْضِ بِاسْتِمْرَارٍ. فَتَحْرُكَاتُ الْكُتْلِ الصَّفَانِحِيَّةِ الْأَرْضِيَّةِ تَرْقَعُ الْجِبَالَ وَتَبْنِي الْقَارَاتِ. وَفِي الْوَقْتِ نَفْسِهِ تَتَأَكَّلُ هَذِهِ السُّطُوحُ الْجَدِيدَةُ ثَانِيَةً فَتَبْلَى وَتَتَفَتَّتْ فِي عَمَلِيَّةِ التَّعْرِيَةِ وَالتَّحَاتِّ الَّتِي تَتَسَبَّبُ بِهَا عَوَامِلُ طَبِيعِيَّةٌ عَدِيدَةٌ. أَهْمُهَا عَامِلُ الطَّقْسِ. هُنَالِكَ نَوْعَانِ مِنَ التَّجْوِيَّةِ - طَبِيعِيٌّ وَكِيْمَاوِيٌّ. فَالْتَّجْوِيَّةُ الطَّبِيعِيَّةُ تَتَمَثَّلُ فِي كَسْحِ الرِّيحِ، وَجَرَفِ الْأَمْطَارِ، وَشَدِّ الْجاذِبِيَّةِ. أَمَّا التَّجْوِيَّةُ الْكِيْمَاوِيَّةُ فَتَتَمَثَّلُ بِفَعْلِ أَحْمَاضِ مِيَاهِ الْمَطَرِ فِي إِذَابَةِ الصُّخُورِ.

## الجبال الميحادية

التلال المذورة المنفرقة في المناطق الجافة، كالأولوزو (صخور أيرز) بأستراليا، كانت قد تأكلت بالتجوية الطبيعية والكيمائية، ويعرف واحدًا بالميحاد (إيسلرج). فالمطر على قلة ينخرط طبقات الصخر السطحية: وتوالي التمدد والتقلص يوميًا في النهارات الحارة والليالي الباردة يشققها ويملئها.

يتساقط  
الصخر  
طبقة طبقة.  
ويعرف هذا  
بالتجوية التقشرية.

صخور مسطحة  
تعرّف بالروجن  
تواجده في  
يوناكايكي، الجزيرة  
الجنوبية، بنينوزيلندا

## تأثيرات التآكل

التربة الصحراوية مزيج من التراب الناعم والرمل والخصى الخشن. تآكل الرياح المواد الدقيقة تاركة الخصى الثقيلة التي تشكل لاحقًا قشرة متصلة توقف عملية التحات.

## الرياح الصحراوية

الرمل الذي تسفيه الرياح هو أعظم القوى التحاتية في الصحراء. إن تآكل التراب في المناطق الصحراوية تحرّم التربة تماسكها بشبكات الجذور؛ إضافة إلى عدم وجود ما يكفي من الرطوبة لتلاصق الجسيمات بعضها مع بعض. لذا تحمل الرياح الرمال السائبة وتؤدومها في العواصف الرملية، فتشغ بها الصخور وتحتها رملًا يُستخدَم في حَتِّ جَدِيدٍ.

الرياح القوية تشغ  
الحصاة من أكبر  
جوانبها.

## خصى ثلاثية القرن

الخصى المنتشرة على سطح الأرض تتلقى سفعًا زمنيًا شديدًا، ينحث أحد جوانب الحصاة بسرعة فيتخلّ نوازلها وتميل ليعرض وجه آخر منها للشفع الرملة. فتصبح الحصاة أخيرًا صقيلة السطوح ثلاثية القرن في الغالب. وتبين الخصى الأكبر على الشواطئ أو في قيعان الأنهار الجافة هذه الظاهرة بوضوح.

## الاعمدة الطبلية الأرضية (الزوجن)

الرمل الذي تآكله الرياح يسبب التحات. فالصخور المكشوفة يشقها الرمل إلى أشكال غريبة ملساء صقيلة. يتحدث معظم التحات بالقرب من سطح الأرض فيكون جرفًا متعلقًا وبني صخرية متعلقة كالأعمدة الطبلية تدعى زوجن.

يتخذ العمود  
الصخري بالحث  
شكلًا كقطر غيش  
الغراب.

يشير السهم إلى اتجاه هبوب الرياح.

تشير الأسهم إلى مدى  
ارتفاع الرمل بذو الرياح  
وإلى اتجاه أرتحالته.

## صخور نظرية الشكل

تتفقر جسيمات الرمل كالكرة عادة بالرياح القريبة من سطح الأرض لثقلها. ونتيجة لعملية التطير هذه يحصل معظم التحات ضمن قرابة متر واحد من سطح الأرض. فالقبات البرجية العالية تُحَثُّ قريبًا من قاعدتها فقط، فتتخذ شكلًا كقطر غيش الغراب، وتدعى زوجن.

تذخر الحصاة  
بعض سطحا  
جديدًا منها للشفع.

الحصاة الناتجة  
ذات جذوة أوجو  
مسطحة صقيلة.

بأنجنت ذلك الجانب يتخلّ  
نوازل الحصاة فتتقلّب.



## كُتْبَانُ رَمْلِيَّة

تتراكم الرمال المذرية، من أتربة الصحراء الشائبة عادة، أكواما تُدعى كُتْبَانًا رَمْلِيَّة. وتقل الرياح هذه الكُتْبَان تدريجياً من مكان إلى آخر. تُحْمَسُ المناطق الصحراوية في العالم فقط هي صحار رملية، تتكوّن فيها الكُتْبَان بأشكال عديدة مختلفة.

## الكُتْبَانُ الهَلَالِيَّة (البرخانية)

أشهر أنواع الكُتْبَان الرملية هي الكُتْبَانُ الهَلَالِيَّة. وهي تتخذ هذا الشكل لأن سَفَى الرمال عند طرفي الكُتْبَان أكثر منه في الوسط. وتُشكّل التجمّعات الكبيرة من هذه الكُتْبَان الهَلَالِيَّة بسطّة الأرض الرملية النموذجية الشبيهة بصفحة البحر، كما في الصحراء الكبرى.



كُتْبَانٌ هَلَالِي (برخان)

تكثر في الصحاري، وتشكّل مصدّات للرياح.

جوانب الكُتْبَان الخفيفة تتحرك بسرعة أكبر من مركزه المرتفع.

كُتْبَانٌ رَمْلِيَّة شاطئية في إنكلترا تظهر فيها البنى الكُتْبَانِيَّة الرملية النموذجية.

رمال تُرسبها التيارات الدوامية على الجانب الممخمي من الكُتْبَان.

## كُتْبَانٌ طَوْلَانِيَّة (سيفيّة)

كُتْبَانٌ رَمْلِيَّة تتراكم بموازاة اتجاه الرياح. تحمل الرياح الرمال على أمّداد جوانب الكُتْبَان.

تتباطأ الرياح عند الكُتْبَان بالاحتكاك فتكوّن سلسلة من التيارات الدوامية.

## الكُتْبَانُ الطَوْلَانِيَّة

تتكوّن الكُتْبَانُ الطَوْلَانِيَّة (أو السيفيّة) ككُتْبَان طوليّة بموازاة اتجاه الرياح. ويُمكن ملاحظتها بوضوح في المواقع حيث يُسنى الرمل غير الصخري الجرداء.

## التَشْفِيرُ الصَّقِيْمِي

التَشْفِيرُ الصَّقِيْمِي عام في المناخ البارد، وهو نوع من التجوية الطبيعية. تُسَرَّبُ المياه في شقوق الصخر، وعندما تتجمّد يكثر حجمها بالتضخّم فتوسّع الشقوق الصخرية. ويتكرّر هذه العملية، تتغلّق كُتْلُ الصخر وتسقط متراكمة على السطح الجبلي كمنحدرات ركاميّة شبيهة - كالتي في الرسم المقابل في كامب بونت بشبه الجزيرة القطبية الجنوبية.

جُوف صخرية وفجاج في يوركشاير ويلز، إنكلترا

## المَطَرُ الحَمَضِيّ

تتولّد الحُمُوضُ الطبيعية في مياه المطر من ذوبان ثاني أكسيد الكربون فيها. ويحوي المطر، في المناطق المعبورة، حموضاً من الغازات الصناعية المذابة فيه، كثاني أكسيد الكبريت، تُسبّب المطر الحامضي. وهذا يزيد معدّل التجوية الكيميائية فيتلّف المباني والتماثيل - كهذا الأسد الحجري في لينز، إنكلترا.



## الجُوف الصخرية والفجاج

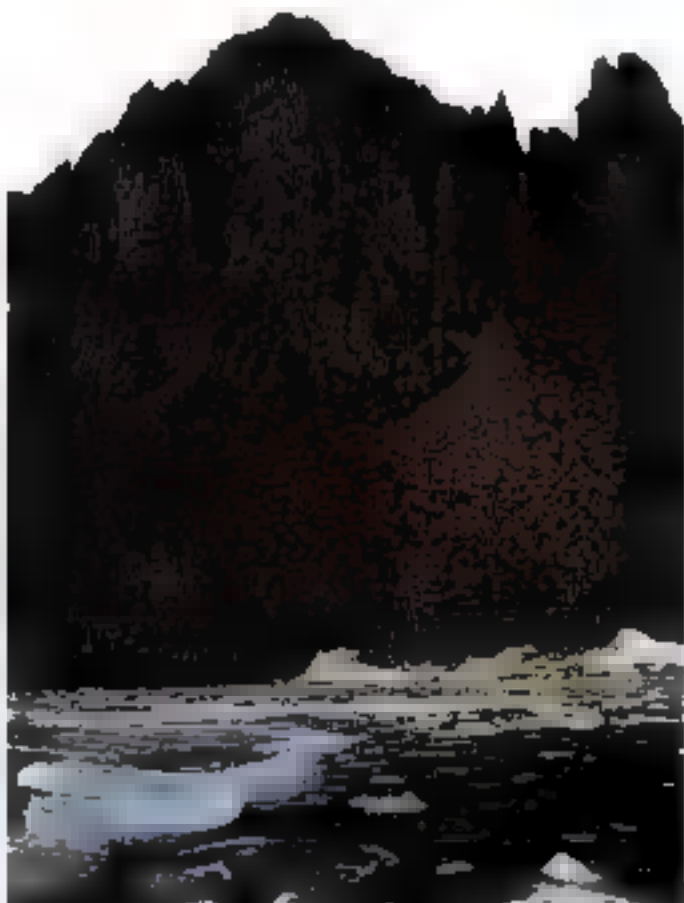
الكاسيت عرضة للتضرر بالتجوية الكيميائية. فحينما يتعرّض الصخر الكلسي للمطر، يتحلّل الكالسيوم على السطح وعلى أمّداد الشقوق. وهكذا يتخلّص الصخر إلى جُوف تعلوها شقوق موسّعة تُدعى الفجاج.



## كُتْبَانُ رَاسِيَّة وَدِيلِيَّة

تتكوّن الكُتْبَانُ الرَاسِيَّة والدِيلِيَّة قُرب مصدّ أو عائق كخجّة مثلاً، فتتراكم الرمال مُكوّنة رأس الكُتْبَان أمام العائق، والدِيل خلفه. لكن هذه الكُتْبَان على أنواع - فالكُتْبَانُ المُتقدّم، مثلاً، قد يترسّب على مسافة ما قبل العائق، وقد تتراصّف الكُتْبَانُ (الاضطرابية) على جانبيه.

الرياح أسرع وأقوى حيث تُسبّغ غير المنخفضات الحوضيّة.



## لمزيد من المعلومات انظر

الخوايض ص ٦٨  
الصقيع والندى والجليد ص ٢٦٨  
رصد الطقس ص ٢٧٢  
دورات في الغلاف الحيوي ص ٣٧٢  
الصحاري ص ٣٩٠



# أنواع التربة

إذا تطلعت إلى منظر طبيعي ترى عادة أعشاباً ونباتات وأشجاراً، وهذه لا حياة لها بدون تربة. والتربة خليط مُعَقَّد من المواد الصخرية الحديثة والمُنْحَتَّة، والمعادن المُذابة والمُعَادِ ترسُّبها، مع بقايا الكائنات الحيَّة التي عاشت فيما مضى. هذه المُقَوِّمات تمتزجُ معاً بحفر الحيوانات الجاحرة، وضغط جذور النبات، وتحركات المياه الجوفية. إنَّ نوع التربة وتركيبها الكيماوي وطبيعتها أصلها العضوي عواملٌ مهمَّةٌ جدًّا للزراعة، وبالتالي لحياتنا وعيش مختلف الحيوانات. هنالك أنواعٌ عديدة من التربة، تتباين من جزء إلى آخر في الأرض تبعاً للمناخ والبيئة.

## طبقات التربة المختلفة



الأفق الصفري، طبقة دبالية من بقايا المواد النباتية.

الأفق أ، التربة الفوقية. طبقة غنية عضوية، لكن بعض المعادن تستنسخها المياه الجوفية.

الأفق ب، التربة. طبقة أقل عضوية، لكنها غنية بالمعادن المستنسخة من التربة الفوقية.

الأفق ج، الصخر الأم. طبقة مهشمة وشجوة إلى كثير سائبة، وهي لا تحوي مواد عضوية.

الأفق د، طبقة صخر الأديم الباطني. مصدر المحتوى المعدني للتربة.

الصلصال تربة ثقيلة لا تُصرف الماء والصلصال الرطب لزج ولزج وقد يحوي مغذيات كثيرة.



الحث تربة داكنة اللون، تحوي نسبة كبيرة من الدبال المتولد من الانحلال الجذري لنباتات المستنقعات وتعمل التربة الخفيفة إلى الاحتفاظ بالماء.

التربة الرملية خفيفة، تُصرف الماء بسهولة، وهي تحوي كمية قليلة من المواد العضوية، لذا فهي قليلة الخشب.

غابة ديمية كثيفة في فنزويلا.

التربة الطباشيرية رقيقة خصوبة تُصرف الماء بسرعة، لذا ينحل محتواها العضوي بسرعة، فلا يبقى فيها إلا القليل من الدبال.



## سماكة التربة

يعتمد عمق التربة على عوامل مُتعددة، كوجود مُنحدر مثلاً يُجترِف فيه التربة المُتكوِّنة باستمرار، وعلى طبيعة صخر الأديم. فالحجر الكلسي، مثلاً، يتحلل بسهولة أكثر من الحجر الرملي، فيكون بالتالي مُتجابت انحلاله أكثر. لكن عاملَي المناخ والتجوية هما الأهم والأشدُّ أثرًا.

المناخ الحار الرطب يحوي صخر القاعدة فيكون تربة سمكية غنية بالمواد النباتية. المناخ البارد قليل التجوية، لذا تعمل التربة القطبية إلى الرقة.

## زحف التربة

تتحرك تربة المُنحدر تدريجيًا جسيماً جسيماً نحو الأسفل - فيما يُسمى زحف التربة. وغالباً ما تكون جسيمات التربة مُترابطة بعضها مع بعض بواسطة جذور الأعشاب مُكوِّنة الواحاً جانبية. فتتحرك هذه ترولاً في سلسلة من الينى المُدرجة أو المضاطب - تستخدمها عادة الحيوانات الرُاعية من غنم وأبقار، فتزيد من سرعة التحات.

## زحف التربة في المنحدرات

زحف التربة يزيد اطراف طبقات الصخر المكشوفة.

انزلاق أرضي صغير في جبال الهندوس، باليونان.



## المنحدرات

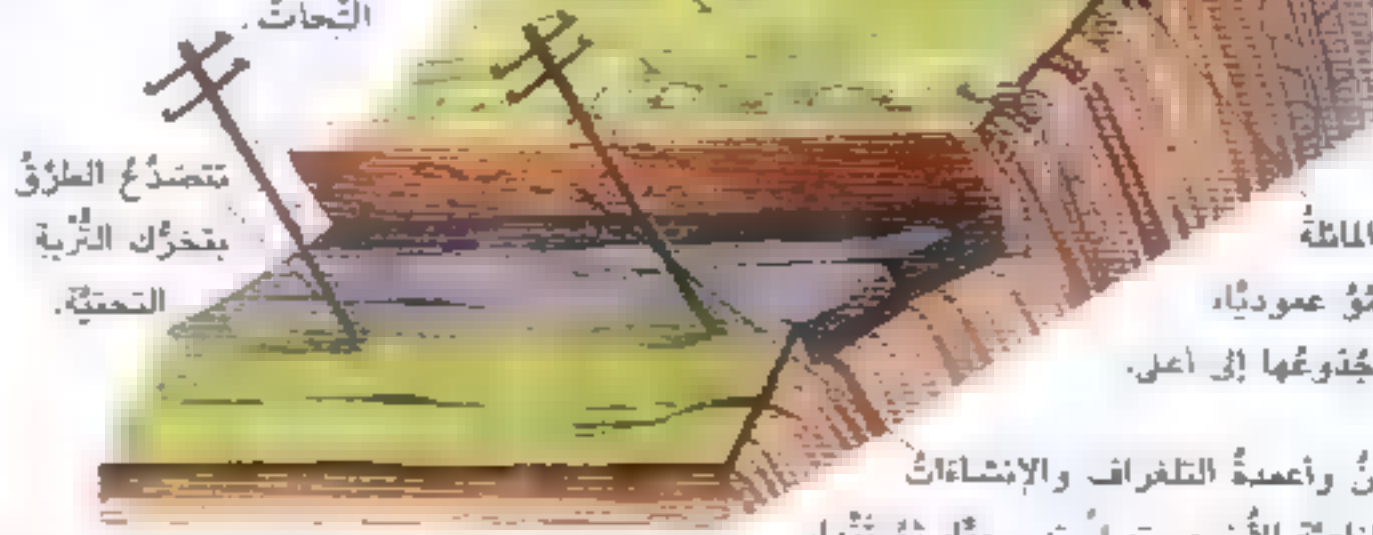
المنحدرات غير مُستقيمة لأن جاذبية الأرض تُشد ما يتجمّع عليها إلى أسفل. وأي تغير في التربة بفعل الصقيع أو المطر أو التمدد بالشرب والانتفاخ يزيد من هذا التحرك ترولاً نحو أسفل المنحدر. ونتيجة لذلك تتعرض الإنشاءات الاصطناعية على المنحدرات إلى الميلان، ويشتو شكل النباتات النامية.

تتحرك الكتل الجوفاء إلى السفوح.

الأشجار المائلة تعاوذ النمو عمودياً فتتقوس جذوعها إلى أعلى.

الجدران وأعمدة التلفاز والإنشاءات الاصطناعية الأخرى تعمل تدريجيًا، ثم تنهار.

تتصدع الطرقات بفحرك التربة التحتية.



## لزيادة من المعلومات انظر

- الكيمياء العضوية ص ٤١
- الصخور والمعادن ص ٢٢١
- الأحافير ص ٢٢٥
- التجوية والتحات ص ٢٣٠
- المناخ ص ٢٤٤

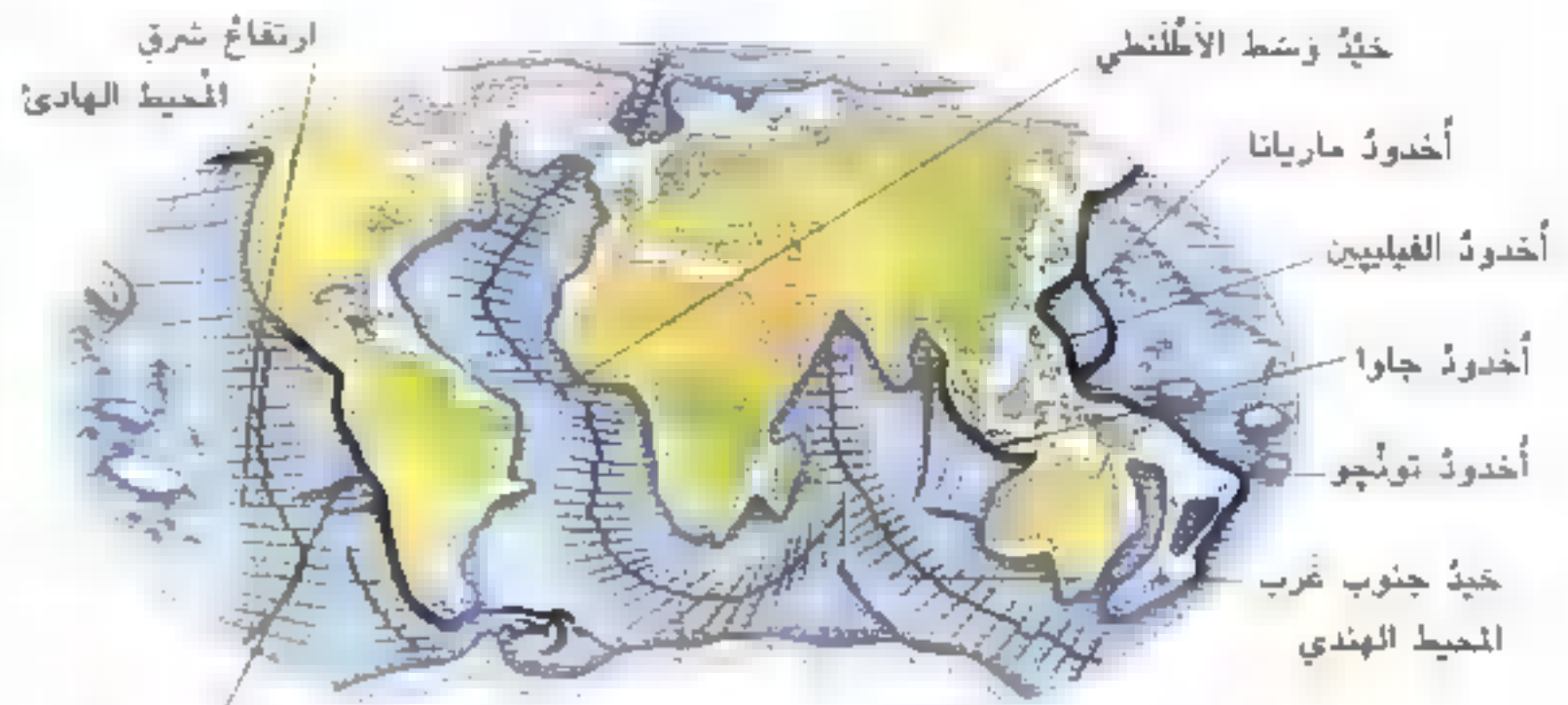






# البحار والمحيطات

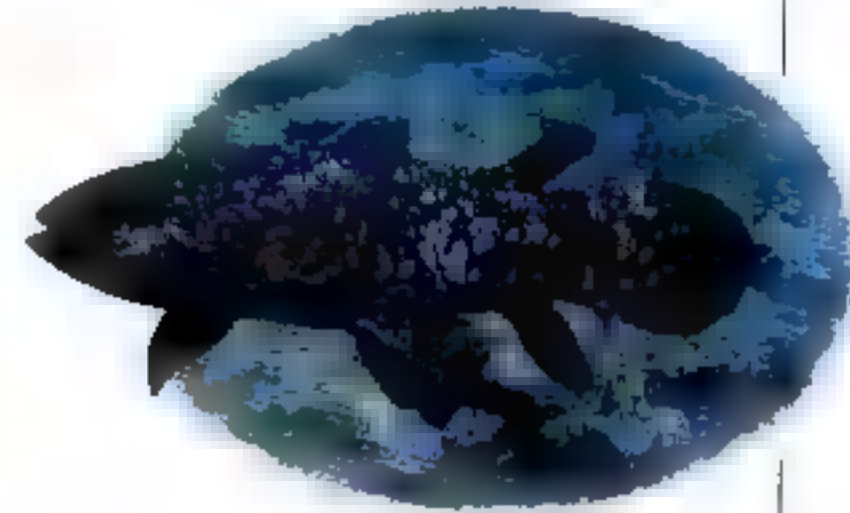
خارطة الخبوء والأخاديد المحيطية في العالم



## خارطة قيعان البحار

كانت قيعان المحيطات أغراً مغلفاً قبل بضعة عقود من السنين. لكن في السنينيات من القرن العشرين، اخترع العلماء آلات تستطيع تصوير أشكال الأرض عن بُعد. وقد استخدمت هذه الصور المتنبئة بُعدياً في رسم خرائط قيعان البحار.

سنتكة سبلاكنت (الجوافة الاشواك) في مياه جزر القمر



## سبلاكنت

تجوب أعماق المحيطات الشحيقة مخلوقات غريبة، كسنتكة السبلاكنت التي كان يظن العلماء أنها انقرضت منذ ٢٠٠ مليون سنة. لكن في عام ١٩٣٨، التقطت إحداها في مياه المحيط قبالة مدغشقر ولا يزال يلتقط بعضها حتى اليوم. إن البقاء في أعماق المحيطات، حيث الأحوال المعيشية لا تتغير كثيراً، أيسر لهذه الحيوانات القديمة.

## بيئة المياه الحارة

تُقبَق على امتداد الخبوء المحيطية مياه بركانية حارة غنية بالكيمائيات. هذه المياه تجتذب البكتيريا، وقد تطورت فيها حيوانات تغذي بالبكتيريا، وكذلك حيوانات أخرى تأكل هذه الحيوانات. وتعيش في هذه البيئة المظلمة العميقة كائنات لم تر نور الشمس مطلقاً - كهذه القشريات والرخويات في جزر جلاياغوس.



عميقاً تحت أمواج البحار والمحيطات قيعان تُغطّي قرابة ثلثي سطح الأرض؛ وفيها سلاسل جبلية وأخاديد عميقة وسهول فسيحة شاسعة لا يمكننا مشاهدتها إلا باستخدام أجهزة علمية معقدة. إن نمط الأرض في قاع المحيط سببه التحركات الأرضية الكبرى المعروفة جيولوجياً بتكتونية الكتل الصفائحية؛ إذ إن خبوء المحيطات الضخمة ترتفع عندما تتكون الكتل الصفائحية العظيمة على سطح الأرض؛ كما تتكون الأخاديد الكبيرة تحت الماء عندما تُسْفَط كتلة صفائح تحت أخرى وتختفي.

أَخْدُوْدُ بِيْرُو وَشِيلِي - فَوْسُ جَزِيرَتِي - بَرَاكِيْنُ عَلى أَمْتِدَادِ أَخْدُوْدِ مَهِدِي

خَيْدُ مَهِدِي - جِبَالٌ تَحْتَ البَحْرِ

سَهْلٌ غُورِيٌّ سَحْبِيٌّ - إقْتِدَادٌ ضَخْمٌ لِقَاعِ بَحْرِيٍّ مُتَنَبِّطٍ

مَنْحَدَرٌ قَارِيٌّ - عَرَفُ الرَصِيفِ القَارِي

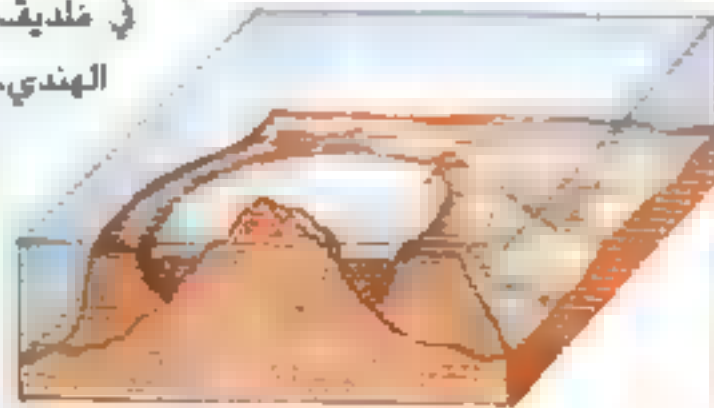
رَصِيفٌ قَارِيٌّ - أَطْرَافُ القَارَاتِ تَحْتَ المَاءِ

القِسْمُ الأسْفَلُ مِنَ المَخْطُطِ يُبَيِّنُ الارتفاعات والأعماق بمقياسها الطبيعي الحقيقي

## معالم قاع المحيط

معظم قاع المحيط سهل مُتَنَبِّطٌ ضَخْمٌ يمتد على عمق ٣ إلى ٤ كم تحت سطح البحر. وترتفع منه قِمَمٌ جِبَالِ الخبوء المحيطية إلى قرابة ٢ كم تحت الأمواج. وتغور في أعماقه أخاديد محيطية مظلمة إلى عمق ١٠ كم أو أكثر. أما حول الشواجل حيث ترتفع الأرض لتُكوّن القارات فالمياه أشدّ ضحالة.

جزيرة مرجانية خلقية (أثول) في عُديف بالمَهِدِي



عندما تختفي الجزيرة تحت أمواج البحر، تُخَلَّفُ جزيرة مرجانية خلقية تتوسطها بحيرة ضحلة.

يبدأ الشعاب المرجانية في الماء، يُتابع بالنبؤ في المياه الضحلة حول جزيرة قدارية. فإذا غاصت الجزيرة في الماء، يُتابع المرجان نموه مُشَكَّلًا حَاجِزًا مرجانيًا مُفَصِّلًا عن الجزيرة.

## الشعاب المرجانية

ينمو المرجان فقط حيث المياه صافية دافئة وضحلة؛ كما هي الحال في شواطئ الجزر المدارية مثلاً. يتكون المنعشي المرجاني صدفة كلسية تتصام مع آخر مُشَكَّلًا أساساً وطلياً يُنَمُّو الفزيد من المرجان. وبهذه الطريقة تتراكم، مُقَارِبَةً سَطْحِ المَاءِ، أَرْضِيَّة شاسعة تُدعى شِعَابًا مَرْجَانِيَّةً.

## لمزيد من المعلومات انظر

كيمياء الماء ص ٧٥

بيئة الأرض ص ٢١٢

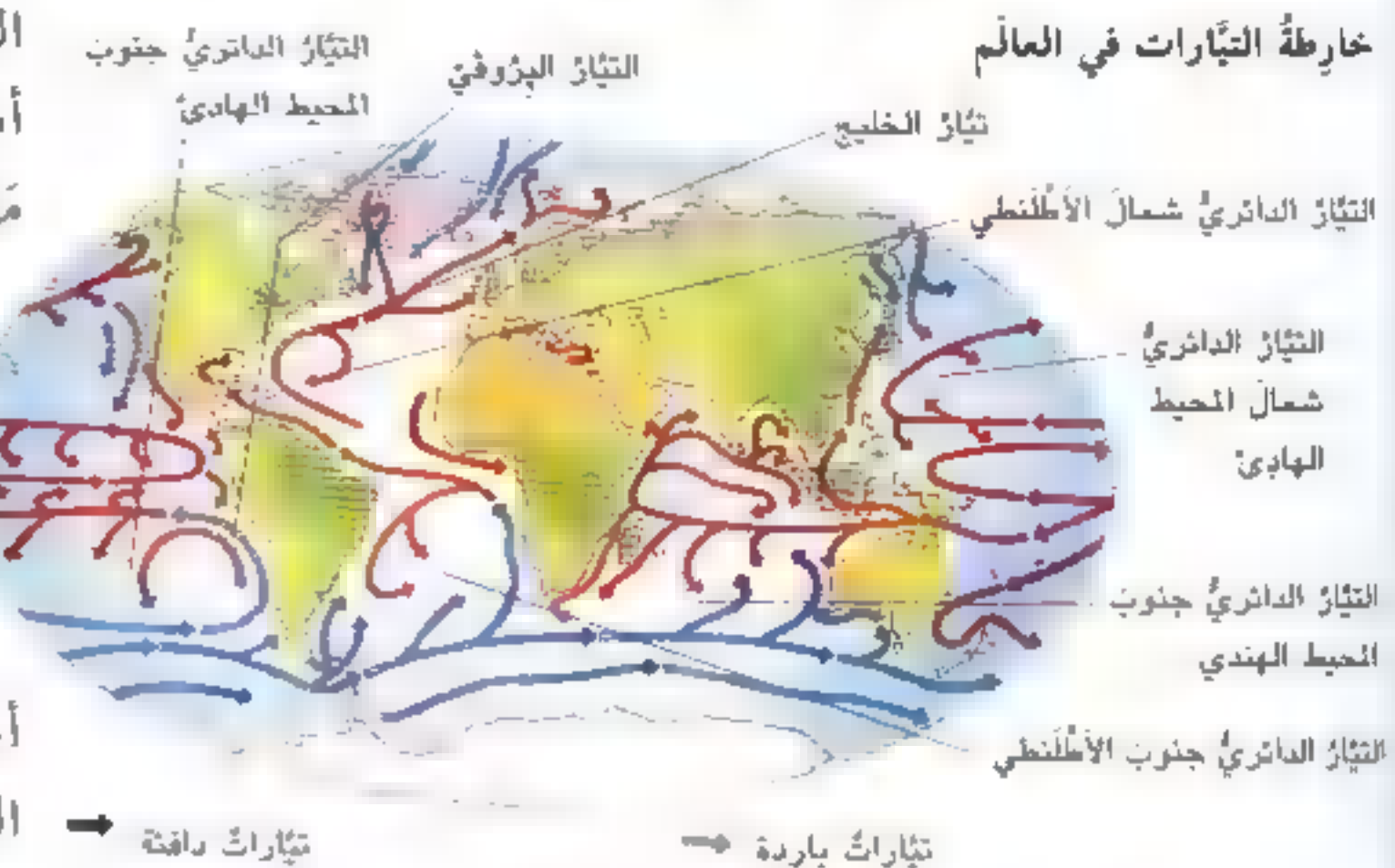
الصخور والمعادن ص ٢٢١

الأمواج والمدّ (الجزر) والتيارات ص ٢٣٥



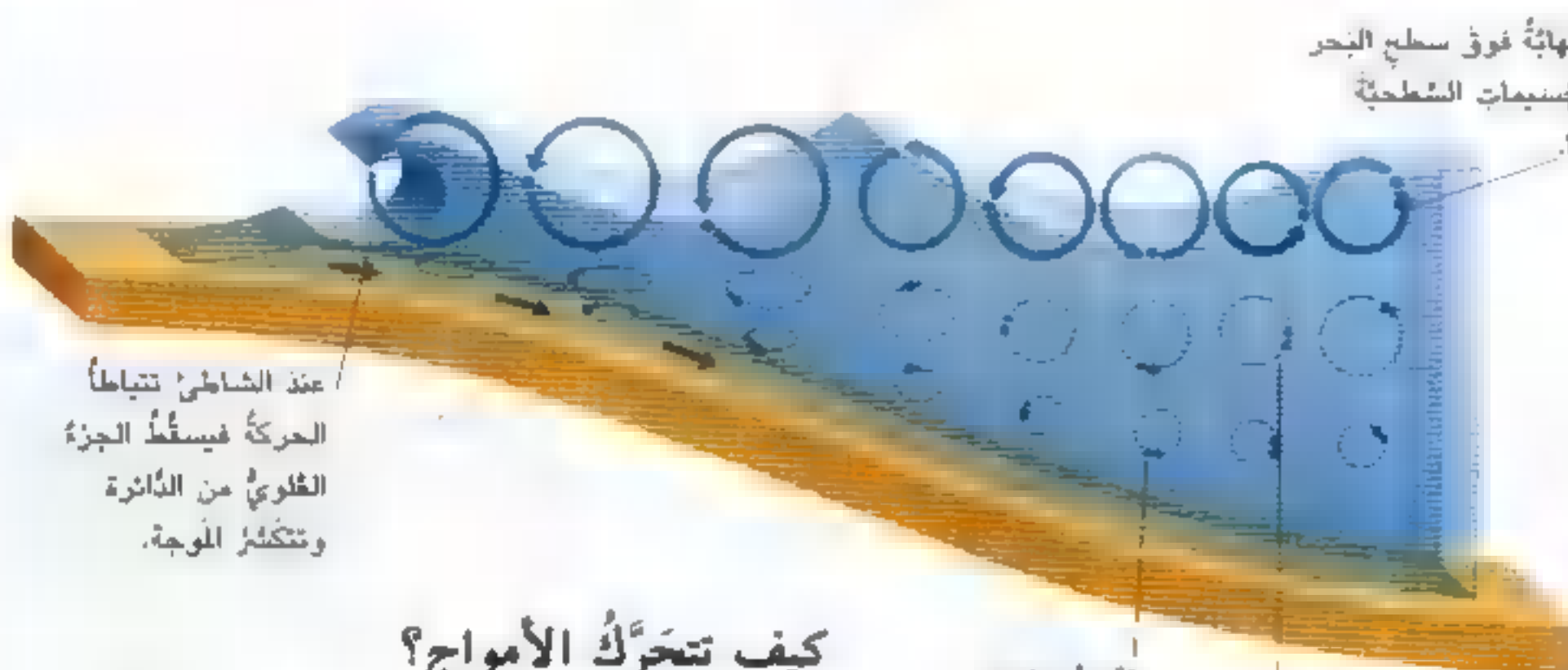
# الأمواج والمدّ (الجزر) والتيارات

المحيطات لا تهدأ أبداً؛ فالرياح المحلية تدفع سطح البحر أمواجاً تلاحم الشاطئ. والمدّ يرتفع بجناح المرافئ حيثاً وذهاباً مرتين كل يوم بفعل جاذبية الشمس والقمر. وفي الوقت نفسه، تكتسح الرياح العالمية البحار مكونة تيارات محيطية عظيمة؛ ومع تدويم الأرض تنقل التيارات منسابة حول المحيطات في مسارات دائرية ضخمة. فالتيارات الساخنة تنساب بعيداً عن خط الاستواء، والباردة تنساب عائدة نحوه. وتحمل الرياح التي تهب فوق تلك التيارات، إلى اليابسة المجاورة، أجواء دافئة أو باردة - مما يجعل لهذه التيارات تأثيراً كبيراً على المناخ. فتيار الخليج الساخن في المحيط الأطلنطي مثلاً يقي القسم الشمالي الغربي من أوروبا دافئاً في الشتاء.



## التيارات المحيطية

التيارات المدومة المحيطية الضخمة تسببها الرياح السائدة. فالرياح التجارية في جنوب المحيط الهادي (الباسيفيكي) تدفع التيار البروفي البارد نحو الساحل الغربي لأمريكا الجنوبية.



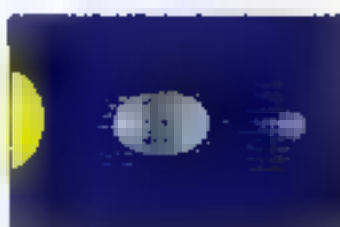
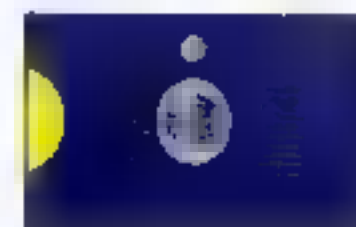
## كيف تتحرك الأمواج؟

عندما تهب الرياح على سطح البحر تُرسِلْ موجات يمينية غير الماء. ورغم أن الأمواج تقطع مسافات شاسعة غير المحيط، فإن كل جسيم من الماء يدور دائرياً في موقعه فقط.

تنتشر الدوائر تحت السطح حتى تختفي في العمق.

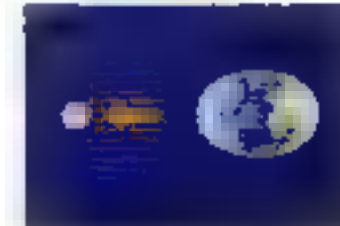
جسيمات الماء القريبة من السطح تواصل تقلبها ودورانها برازاً وتكراراً.

عندما يكون جاذب الشمس والقمر باتجاهات مختلفة، يتناقص ارتفاع المد وانخفاض الجزر.

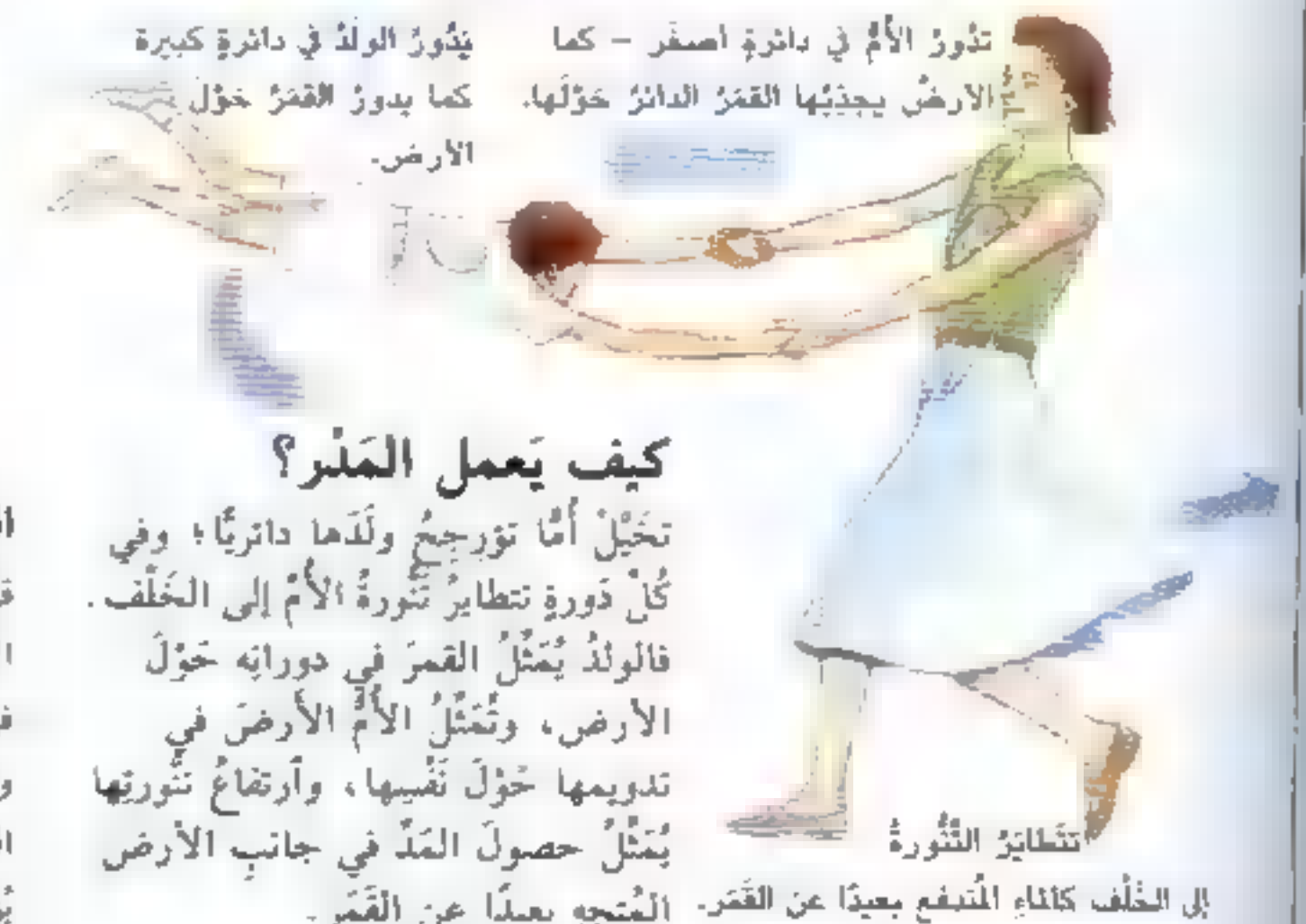
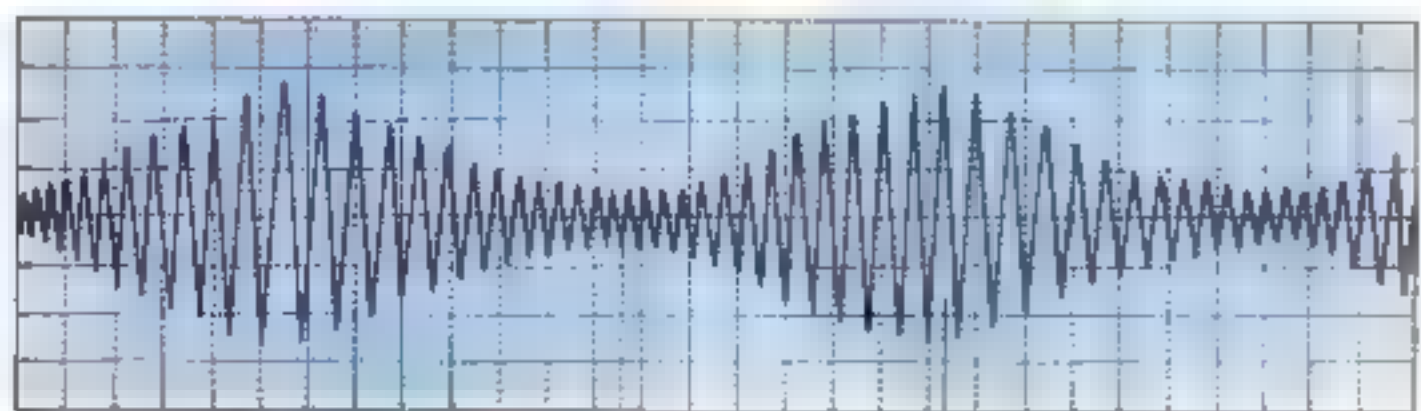


عندما تكون الشمس والقمر في خط مستقيم، يكون المد عالياً جداً والجزر خفيضاً جداً.

يتكون المدّ على قسم الأرض المقابل بقلل تدويم الأرض.



يجذب القمر مداً على قسم الأرض المواجه له تماماً.



## كيف يعمل المدّ؟

تخيّل أمّاً تودع ولدها دائرياً، وفي كل دورة تطاير ثنورة الأم إلى الخلف. فالولد يمثل القمر في دورانه حول الأرض، وتمثل الأم الأرض في تدويمها حول نفسها، وارتفاع ثنورتها يمثل حصول المدّ في جانب الأرض المتجه بعيداً عن القمر.

## الشمس والقمر والمدّ

قوة جذب القمر تنفخ الماء مداً على كلا جانبي الأرض. ولما كانت الأرض تدور حول نفسها، فإن المدّ يحصل في كل موقع فيها مرتين كل يوم. والشمس تجذب الماء أيضاً لكن (بسبب بعدها القاصي) ليس بقوة جذب القمر. وهذا الجذب يؤازر جذب القمر مرة في الشهر، ويضاده مرة.

## لمزيد من المعلومات انظر

- الحركة الدائرية ص ١٢٥
- الضخور والمعادن ص ٢٢١
- الجليد والثلج ص ٢٢٨
- التجوية والتحات ص ٢٣٠
- خط الساحل ص ٢٣٦
- الكون ص ٢٧٤



# خَطُّ السَّاحِل

إن كُنْتَ تَسْبَحُ أو تُجَدِّفُ على شاطئِ البحرِ فأنتَ فعلاً على حافةِ البحرِ في بدايةِ السَّاحِلِ. فكلُّ أرضٍ بِمُحاذاةِ البحرِ هي ساحِلٌ؛ وكلُّ ساحِلٍ فريدٌ بِمَعَالِمِهِ وَخصائصِهِ. مَعَالِمُ السَّاحِلِ تحدِّدها عدَّةُ عواملٍ كالرياحِ العاتيةِ والأمواجِ المُتلاطمةِ ودَرجاتِ الحرارةِ والمُنَاحِ وأنواعِ الصَّخورِ المتواجدةِ هناك. وقد تتغيَّرُ السَّواحِلُ من رمليةٍ إلى صخريةٍ أو العكس. ويتشكَّلُ خَطُّ السَّاحِلِ بِهبوبِ الرِّيحِ عَبْرَ سطحِ المُحيطِ، ناقلةً بعضَ طاقتها إلى المياه. وتبتدئُ هذه الطاقةُ أمواجاً تقطعُ مسافاتٍ طويلةً تَقْتَرِ عندَ أرتطامِها بِخَطِّ السَّاحِلِ، لكنَّ قوتَها التدميريةَ تَظَلُّ فاعلةً في حَتَّ رؤوسِ البَرِّ واتِّكالِ الجُرفِ السَّاحِليةِ.



## خَطُّ السَّاحِلِ

يبدو قُدْرَةُ البَحرِ الهائلةُ واضحةً على أمثالِ هذا الشاطئِ الصخريِّ في كيواندا، أوريغون، بالولاياتِ المتحدة. فالصَّخورُ تَولِّفُ أساسَ صفحةِ الأرضِ، لكنَّها تَنَاقُلُ وتَحْتِ بِرَظَمِ المَوجِ المُتَوَاصِلِ.

تُحَتُّ الأمواجُ الشَّقَوقَ المتواجدةَ في رؤوسِ البَرِّ وتجعلُ منها كهوفاً بحريةً واسعة.

الكهوفُ على جانبي راسٍ من البَرِّ قد تتسعُ وتتسعُ لتكوِّنَ قنطرةً طبيعيةً.

بِاستمرارِ الشَّحَاتِ، يُلْهَازُ سقفُ القنطرةِ تارِكاً ناضجةً أو بسلةً بحريةً.

## تَحَاتُّ رؤوسِ البَرِّ

تَنَالُفُ رؤوسُ البَرِّ من صُخورٍ صُلْدَةٍ، لكنَّها، على مَرِّ الزَّمنِ، تَنَاقُلُ بالشَّحَاتِ. فالأمواجُ المُقْتَرِبَةُ من أحدِ الرؤوسِ تَلْتَفُّ حَوْلَهُ وتَحْتِ من مُختلفِ جوانبِهِ مُحدِثَةً كهوفاً وقناطرَ تَظَلُّ عُرْضَةً لِلحَتِّ والتَّأْكُلِ. والشَّحَاتُ يَجري بِطريقتينِ رئيسيتين: في الأولى، يَبْزِي الصَّخْرُ ويتَاقُلُ بِالحجارةِ التي تَقْدِفُها الأمواجُ (فيما يُسمَّى الشَّحَاتُ الطبيعيُّ أو البَلِيّ بالاحتكاك). وفي الثانية، تَتوسَّعُ شَقَوقُ الصَّخْرِ عندَ تَمَدُّدِ الهَوَاءِ المُنضَغِطِ بِالمياهِ المُندَفِقةِ، عندَ تَراجُعِها، مُسبِّباً التَّكهُفَ.

## الأوديةُ الغاطِسةُ (الشُّروم)

إذا خَبَطَتِ اليابسةُ أو أَرْتَفَعَ مُستوىُ البَحرِ، تُغْمَرُ المناطقُ السَّاحِليةُ بِالمياهِ. ففي نهايةِ آخرِ عَصرٍ جليديٍّ، انصهرتِ القلائسُ الجليديةُ في شَتَّى مُحيطاتِ العالمِ فأَرْتَفَعَ مُستوىُ البَحرِ وأصبحتِ التلالُ جُزْراً، وفاضتْ أوديةُ الأنهارِ مُكوِّنةً خَطّاً ساحلياً مَعْرِضاً ذا خُلُجٍ مُتَفَرِّعةٍ تُدعى شُرُوماً أو أوديةً غاطِسةً.

شُرُومٌ ومَصَبَّاتٌ خَلِيجيةٌ في جَالِيشيا، بِإسبانيا

## الخُلُجانُ الإفْجيجيةُ (الفِيُوزدات)

عندما تَذوبُ الفُشالِجُ، تتركُ عادةً أوديةً ثَونيةً الشَّكْلَ، تَغْمُرُها مستوياتُ البَحرِ المُرتَفِعةُ على أَمْتِدَادِ السَّاحِلِ، مُكوِّنةً خُلُجاناً ضِيعَةً طويلةً عموديةً الجوانبِ. ويَلاحَظُ أن الصَّخورَ والموادَّ الأخرى المُترسِّبةَ في مَصَبَّاتِ هذه الأوديةِ تَجْمَلُ مَدَاخِلَها ضَخلةً جَدّاً. ويُطلَقُ اللفظُ التَّروجيُّ فيُوزد (الذي معناه يَجِبُ من البَحرِ تَكتِفُهُ جُرفٌ شديدةُ الانحدارِ) على هذه الخُلُجانِ الإفْجيجيةِ.

الهواءُ المُنضَغِطُ في كهفٍ بحريٍّ قد يَنفُذُ عَبْرَ السَّقَبِ مُكوِّناً خُلُفّاً بِنَظْمٍ مِنَ الماءِ والهَوَاءِ كُلِّمَا تَلاطَمَتِ الأمواجُ داخلَ الكهفِ.

تَنخُتُ رؤوسُ البَرِّ إلى كُهوْفٍ، وناليتا إلى قناطرٍ، ثم إلى نواشِرٍ أو مَسَلَّاتٍ بحريةٍ.

شبابهار فُكْران، بِإيران

تُبيِّنُ هذه الخارطةُ بضعةَ نماذجٍ من خطوطِ السَّاحِلِ المُختلِفةِ حَوْلَ العالمِ، ويُساعدُ الترميزُ اللونيُّ في تحديدِ كُلِّ نوعٍ.

فيُوزد جَيرَ شَجرٍ، بِالتَّروجِ

## تَكوِينُ أرضٍ جَديدة

البَحرُ قادِرٌ على تدميرِ اليابسةِ؛ وهو أيضاً قادِرٌ على تَكوِينِها. فالموادُّ المُنَحْتَةُ المُترسِّبةُ على الشواطئِ تُضَيِّفُ مِساحاتٍ جَديدةً إلى اليابسةِ؛ كذلك فإنَّ أنيخاضَ مُستوياتِ البَحرِ يَكتَشِفُ أراضيَ جَديدةً كانت مغمورةً بِالمياهِ فيما قَضَى.



## تكوّن الشواطئ

أنقاض الصخور المنحثة من دهب وكسارة لا تبقى على حالها طويلاً، فالأمواج تعمل على سحقها إلى حصى خصباءية وزمل تجرّ على طول قعر البحر، وترسب أخيراً في مواقع مستديرة نوعاً لتكون شاطئاً. حتى على الشواطئ، لا تتوقف فتات الصخر عن الحركة والتقلّب بفعل الأمواج التي تثيرها العواصف؛ كذلك فإنّ الرياح تذرّو الجسيمات الأخفّ منها. ونتيجةً لمثل هذه التحركات المستمرة، فقد يتألف الشاطئ شتاءً من حصاة خشنة وتغدو، هو نفسه، رملًا في الصيف. وتقام حالياً أسوار ومرايطم خاصةً لوقف هذه العملية أو الحد منها.

تتألف الشواطئ من رمال وفئات صخرية دائمة التغير؛ غالفئات الصخرية تُرسبها الأمواج القوية، وترسب الرمال في الأوضاع الأهدأ.

تتراكم المواد الشاطئية على المرايطم (الشور).

تجرف العواصف الصخرية فترسبها في سطحية ناتئة ياعل الشاطئ حيث تظلّ حتى العاصفة التالية.

المرايطم أسوار مثبّطة بدعامات تتغير قرابة مئتين في الأرض؛ وهي تقام داخل البحر لمنع الانجراف، عن طول الشاطئ.

فيورد جيرنجر، بالفروج

جيرلوك، باسكتلندا

جزيرة سيلت، بالمانيا

أوريبيون، بالولايات المتحدة

جاليشيا، بإسبانيا

شاطئ في المناطق الخفيفة، بجزيرة سيلت، ألمانيا

خارطة خطوط الساحل في العالم

شاطئ مرتفع في جيرلوك، باسكتلندا

خطوط الساحل المتغيرة

لا تبقى خطوط الساحل في العالم دائماً على حالها. فقد تتغير جذرياً في وقت قصير نسبياً، بحث الأمواج للياسية وأنعمار المناطق الساحلية أو أنكشافها بتغير مستويات سطح البحر.

الجرف الشاطئي يحمل الرمل عبر خليج أو مصب نهر، ويرسبه ككسان ساجلي

تجرف المواد الشاطئية بعيداً عن الجانب المعبر من المزلّم

تتباطأ الأمواج حول نهاية اللسان الساجلي مكونةً خنية حادة.

الانجراف الشاطئي هو تحرك الرمال والحصاة الصخرية على امتداد خط الساحل. وهذا يكون خطاً ساجلياً مشرّشراً (كاسنان المنشار)، يتراكم الرمل على المرايطم.

### الانجراف الشاطئي

٢. تجرف الموجة التالية الحصاة مائلةً إلى اعلى الشاطئ مرةً أخرى، ويتكرّر سقوطها لزولاً مع المياه مباشرةً في قسار متفرّج بموازاة الساحل. وهذا التحرك يسبّب الانجراف على طول الساحل.

٢. عند تراجع الموجة تتدحرج الحصاة لزولاً مع المياه، مباشرةً على المنحدر الشاطئي.

١. الموجة التي تغرب الشاطئ بزاوية مغلّقة، تجرف الحصاة مائلةً إلى اعلى الشاطئ.

بروز رمل شاطئي في شايهار فكران، بويران.

### الشواطئ المتحركة

الجسيمات الشاطئية دائمة الحركة مع أنحسار الأمواج وأندفاعها، جارقة الحصى والرمل خينة وذهاباً؛ وقد تُرسبها في مواقع جديدة على امتداد الشاطئ في عملية الانجراف الشاطئي.

### الينة ساحلية زملية

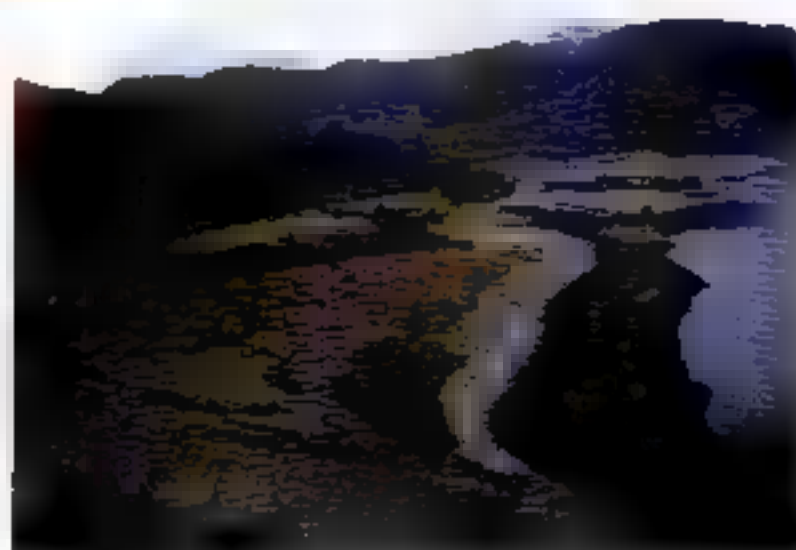
قد يمتد لسان ساجلي زملّي من اليابسة عبر خليج ما فيشكل حاجزاً؛ ويُدعى هذا الحاجز بزرخا شاطئياً (تُمبولو) إذا تكوّن بين جزيرة والشاطئ.

### المستقعات الملحية

أحياناً تتقلّ الرياح بطاقات زملية مما تركمه الأمواج فتجعل منها كُثباناً تُزول مساحات من المياه الغدبة أو القليلة الملوحة. فتجتمع هذه المياه لاحقاً وحولاً، وتتحوّل إلى مستقعات ملحية.

### الشاطئ المرتفع

عندما ترتفع أرض أو ينخفض عنها مستوى البحر، يبقى خط الساحل عالياً وجافاً مكوناً شاطئاً مرتفعاً. وكان قد تكوّن العديد من هذه الشواطئ شمالي أوروبا في نهاية العصر الجليدي الأخير؛ فمع ذوبان الجليد أخذت الأرض ترتفع ببطء.



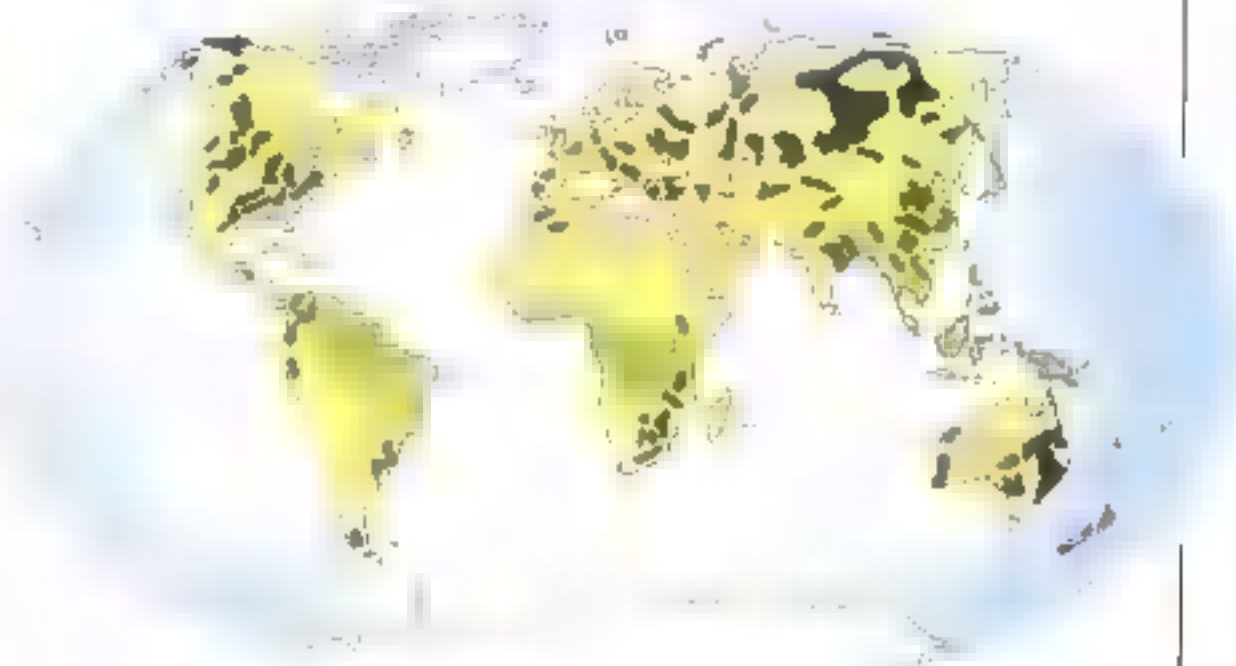
لمزيد من المعلومات انظر
الصخور والمعادن ص ٢٢١
التجوية والتحات ص ٢٣٠
الأمواج والمدّ (الجزر) والتيارات ص ٢٣٥
الطقس ص ٢٤١



# الفحم

يُخْتَزِنُ الفَحْمُ الحَجَرِيّ طاقَةَ الشَّمْسِ منذُ ملايين السنين. إِنَّ نُمُوَ النباتاتِ يعتمدُ على الشَّمْسِ؛ وإذا طُمِرَت هذه النباتاتُ ملايين السنين تحتَ الضغطِ والحرارةِ في باطن الأرضِ فإنَّها تتحوَّلُ إلى فَحْمٍ حَجَرِيّ. وعندَ إحراقِ الفحمِ، تُطلَقُ تلكَ الطاقَةُ المُخترَنة منذُ القَدَمِ كطاقَةِ حراريّةٍ. الكربونُ هو العنصرُ الأساسيّ في الفَحْمِ - فالكربونُ الذي يؤلِّفُ حوالي ٥٠٪ من الخشبِ، يُشكِّلُ قرابةَ ٩٠٪ من الفَحْمِ. بدأ مُعظمُ الفَحْمِ بالتكوُّنِ في العصرِ الكربونيّ منذُ حوالي ٣٥٠ مليون سنة. فغاباتُ المُستنقعاتِ الضخمةُ التي نَمَت حينئذٍ هي اليومَ قُراراتُ الفَحْمِ الرئيسيّةُ في العالمِ.

توزُّعُ الفحمِ الحَجَرِيّ في العالمِ



## خارطةُ مناطق الفحمِ

مُعظمُ الفحمِ في العالمِ مصدرُهُ الرواسبُ المُتوضِّعةُ في العصرِ الكربونيّ، حينَ كانَ نَبِثُ الأرضِ في أوجِ وقْرَتِهِ. لكنَّ بعضَ قُراراتِ الفحمِ المهمّةِ في شمالِ أوربّا هي أحدثُ عهدًا بكثيرٍ إذْ تكوَّنت من خشبِ النَّبِثِ في بداياتِ الحَقْبِ الثالثِ منذُ حوالي ٤٠ مليون سنة.

## تكوُّنُ الفحمِ

الفَحْمُ صخرٌ رُسُوبِيّ خَيَوِيّ المُنشَأُ تكوُّنُ من بقايا كائناتٍ حيّةٍ. فَمِنذُ ملايين السنين، ذُوَّت الغاباتُ وأنطمرت في المُستنقعاتِ قَبْلَ أن يَدِبَ الانحلالُ في أخشابها. ومعَ التحجُّرِ البطيءِ، يُؤخَّرُ تلكَ المُستنقعاتِ وزمُولها، تغيَّرَ تركيبُ النَّبِثِ الدفينِ، فحَصِرَت مَقَوِّماتُهُ، المؤلَّفةُ من الكربونِ والهيدروجينِ والأكسجينِ، مُعظمُ ما فيها من الهيدروجينِ والأكسجينِ نازكةً قُرارةً مُركَّزةً من الكربونِ، هي الفَحْمُ.

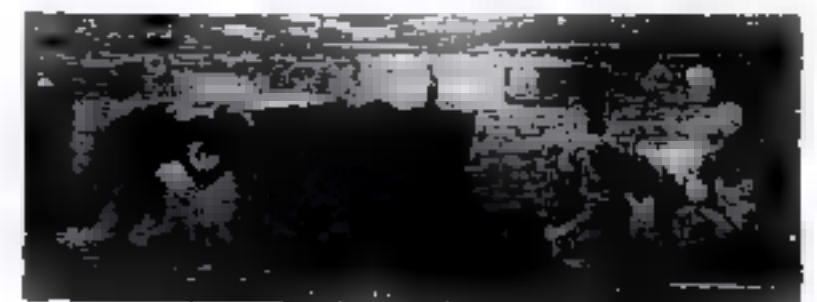
## تَعْدِينُ الفحمِ

يُسْتَخْرَجُ الفحمُ من مناجمِهِ بالتعدين. فإذا بَرَزَ جِزْءٌ أو طبقةٌ فحميّةٌ بِمُستوى سطحِ الأرضِ، يقومُ المُعدِّنون بِخَفْرِ نَقِيٍّ أَفْقِيٍّ يُسَمَّى مُنْجَمًا سَرِيًّا. لكنَّ في أغلبِ الأحيانِ، تُحْفَرُ الانفاقُ عموديّةٌ لِلوُصُولِ إلى الفحمِ تحت الأرضِ فيما يُعرَفُ بالمنجمِ البُئريّ. أمّا إذا تواجدَ الفحمُ قَرِيبًا من سطحِ الأرضِ، فيُعدَّنُ الفحمُ بِزَرعِ طبقاتِ الأتربةِ التي تُغطِّيها في حُفرةٍ تعدينٍ مكشوفةٍ (أو سطحيّةٍ). لاحظَ في الصورةِ المُقابِلَةِ أكوامَ الفحمِ المُستخرَجِ في أستراليا.

## المناجمُ الخطِرةُ

خِلالَ القُرْنِ الثامنِ عَشَرَ، اعتمدتِ الثورةُ الصناعيّةُ في أوربّا على الفحمِ كمصدرٍ خَيَوِيٍّ لِلطاقَةِ. لكنَّ تعدينَ الفحمِ كانَ عمليةً خطيرةً؛ فكانَ عمالُ المناجمِ حتّى الصبيانُ مِنهُم، يعملونَ في ظُروفٍ مُرعبةٍ مُرَوَّعةٍ. ثُمَّ اخترعَ العالمُ، هنري ديفي، مصباحَهُ المشهورَ «بِمصباحِ ديفي» كُنَيْطَةٍ أمانٍ تُنِيرُ بِبلوغِ الغازاتِ داخلَ المنجمِ مُستوى الخطرِ.

مصباح ديفي



موقعُ لاقتطاعِ الخُثِّ في جُزُرِ فوكلاند

تنمو الغاباتُ جيّدًا في أجواءِ المُستنقعاتِ

مألٌ هذه الأشجارُ بِمَنواتها أن تتغطَّى بِمُوادٍ مُستنقعيّةٍ ثُمَّ تنضغطُ في طبقةٍ تحت ترشباتٍ تالية.



الخُثُّ

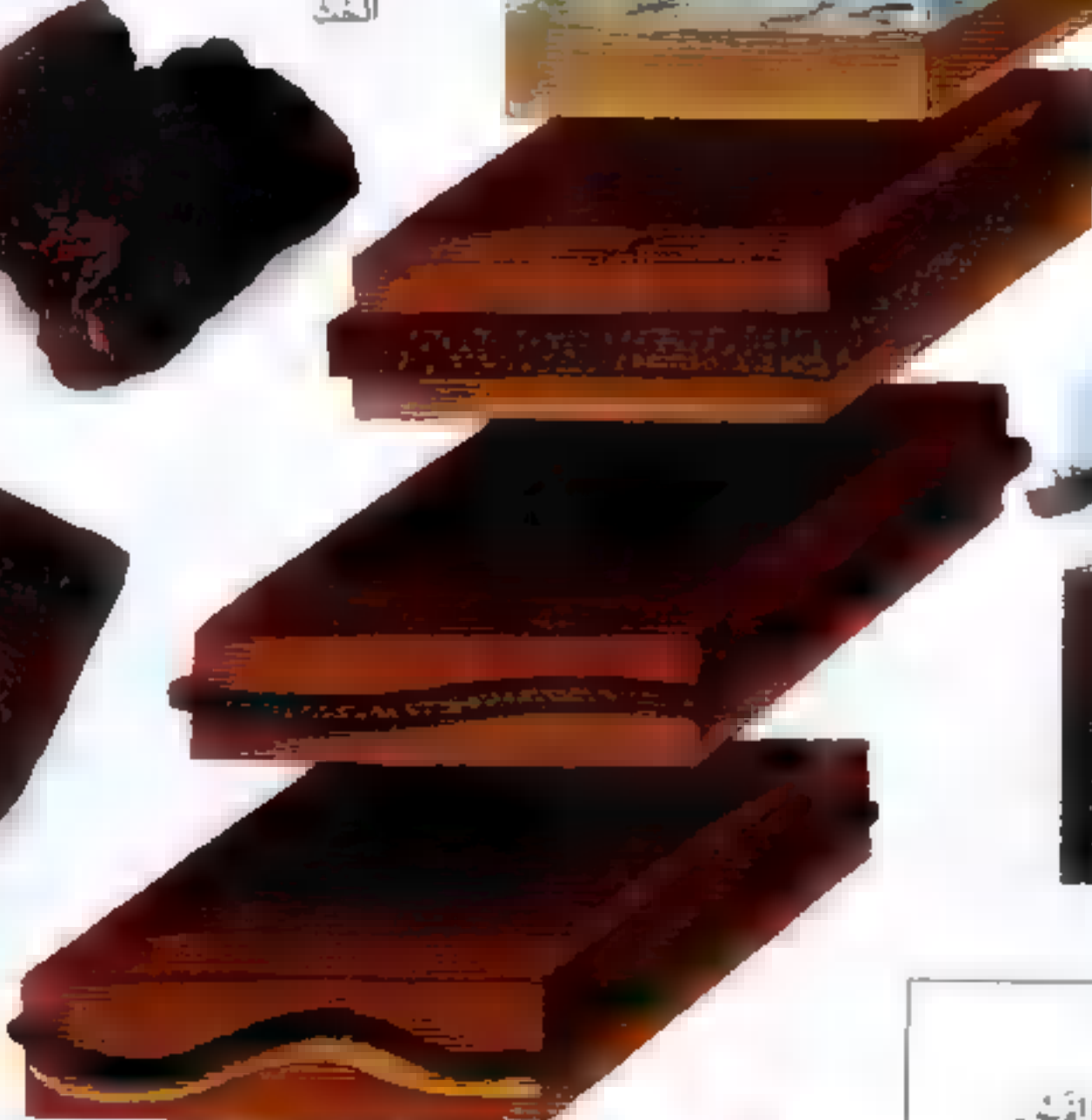
## الخُثُّ

الخُثُّ مادّةٌ لَبِنِيّةٌ مُرحليّةٌ في عمليةِ تكوُّنِ الفحمِ. فالخُثُّ دائمُ التكوُّنِ في جميعِ المُستنقعاتِ في العالمِ حاليًا، كما سابقًا. ويُستخدَمُ الخُثُّ كوقودٍ كما يُضافُ كُحْمُ غِنيٍّ لِلتُّربةِ الزراعيّةِ.

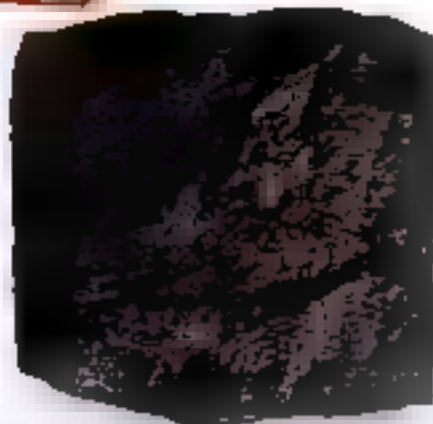
بينما تُنْقِذُ الموادُ النباتيّةُ الدُفينةُ الأكسجينَ تنضغطُ إلى مادّةٍ لَبِنِيّةٍ هي الخُثُّ

اللُجْنيت

تُواصلُ الموادُ المُترسبةُ تكادُسُها ضاغطةُ الخُثِّ إلى صخرٍ. ومعَ نزولِهِ فَقَدَ الخُثُّ لِلأكسجينِ يتحوَّلُ إلى فحمٍ طَريٍّ يُدعى اللونِ يُدعى اللُجْنيت.



فحمِ بيتوميني



أخيرًا يبلُغُ لَبِنِيّاتُ الخُثِّ الخشبيّ من الشدّة ما يُحوِّلُهُ إلى فحمِ بَرّاقٍ أسودٍ مُتراصٍّ هو الفَحْمُ البِيتومينيّ، أَكثَرُ أنواعِ الفحمِ استخدَامًا في الصّناعةِ.

## لَمزيد من المعلومات انظر

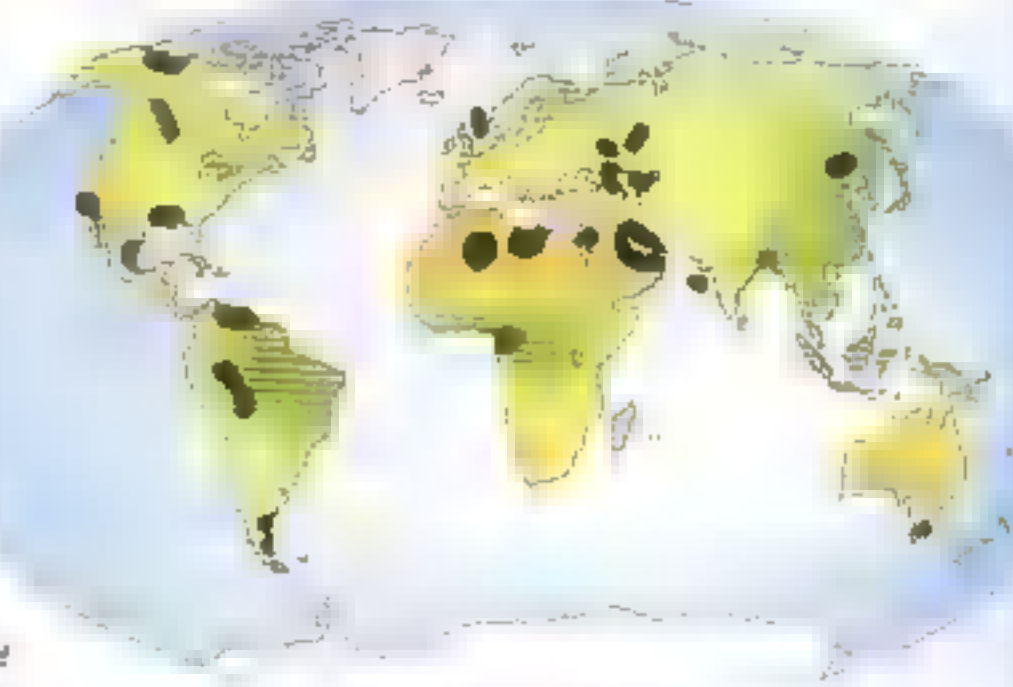
- الكربون ص ٤٠
- الكيمياء العضويّة ص ٤١
- مُنتجاتُ الفحمِ ص ٩٦
- بَنِيّةُ الأرضِ ص ٢١٢
- الصُّخورُ الرُّسُوبيةُ ص ٢٢٣
- حقائقُ ومعلومات ص ٤١٤



# النَّفْطُ والغاز

تُرى ماذا حَدَثَ لِلنباتات والحيوانات البَالِغَةِ الصُّغَر التي مَاتَتْ في البَحْرِ منذُ ملايين السنين؟ العلماءُ يعتقدونَ أَنَّها تحوَّلَتْ إلى نَفْطٍ - هو الوَقُودُ الذي يُستخدَمُ اليومَ في تسيير السيَّاراتِ وتشغيلِ المَصانعِ وتصنيعِ الكثيرِ من الكيماويَّاتِ المُفيدة. فالمادَّةُ الحيوانيَّةُ التي تتجمَّعُ في قاعِ البحرِ تتحلَّلُ بِبطءٍ بفعلِ البكتيريا؛ وعمليةُ التحلُّلِ هذه تطلِّقُ الميثانَ أو الغازَ الطبيعيَّ. وإذا سَخُنَتِ المادَّةُ المُتبقِّيةُ فإنَّها تتفكَّكُ إلى جُزيئاتٍ خفيفةٍ تُسمَّى هيدروكربوناتٍ تنسَرِبُ عَبْرَ الصخورِ مُكوِّنةً تجمُّعاتٍ نَفْطِيَّةٍ. ومعَ أنَّ الغازَ الطبيعيَّ هو نَاتيِجٌ ثانويٌّ هنا، فإنَّ الغازَ الطبيعيَّ المُستخرَجَ من الصخورِ، في أُمَكَةِ كَبَحْرِ الشَّمالِ، هو في الواقعِ نَاتيِجٌ من انحلالِ القَحْمِ.

توزُّعُ النِّفْطِ والغازِ الطبيعيِّ في العالمِ



## خارِطةُ مناطقِ النِّفْطِ

النِّفْطُ المُستخرَجُ من حُقُولِ النِّفْطِ الرئيسيَّةِ في العالمِ، مصدرُهُ صُخُورٌ يعودُ تاريخُها إلى عَشْرَتَيْنِ: العصرِ الأُرْدُويسِيِّ (منذُ ٤٠٠ إلى ٣٥٠ مليون سنة) والعصرِ الجُوراسِيِّ (منذُ ٢٠٠ إلى ٦٥ مليون سنة).

## مَكْمَنُ النِّفْطِ

المادَّةُ الحيوانيَّةُ المُتجمَّعةُ في الصُّخورِ تتحلَّلُ إلى قَطْرَاتٍ من النِّفْطِ تطفوُ فوقَ المِياهِ الجوفيَّةِ. وَكونُها أَقلُّ كثافةً من الماءِ، تُتابعُ القَطْرَاتُ نَفادَها صُعدًا عَبْرَ مَسامِ الصُّخرِ حتَّى تَبْلُغَ طبقةَ صُخْرٍ كثيفةٍ تَحْتِيسُها، تُسمَّى صُخْرَ القِطَاءِ، فتتجمَّعُ هناكَ مُكوِّنةً مَكْمَنًا نَفْطِيًّا.

## نَظَرِيَّةٌ بَدِيلَةٌ

بالرُّغمِ من توافُقِ مُعْظَمِ العُلَماءِ على أَنَّ النِّفْطَ قد تَكوَّنَ من كائناتٍ حَيَّةٍ، فإنَّ هَناكَ نَظَرِيَّةً تقولُ بأنَّه تَكوَّنَ بالفعلِ من صُخُورٍ مُتَحَوِّلةٍ. وقد يَأتي إثباتُ ذلكَ أو دُخْضُهُ من بَئرٍ يَجرِي حَقْرُها حَالِيًا بالسُّويدِ في صُخُورٍ مُتَحَوِّلةٍ.

اختبارُ الحَقْرِ في  
بُحيرةِ سِيلْجان،  
بالسُّويدِ



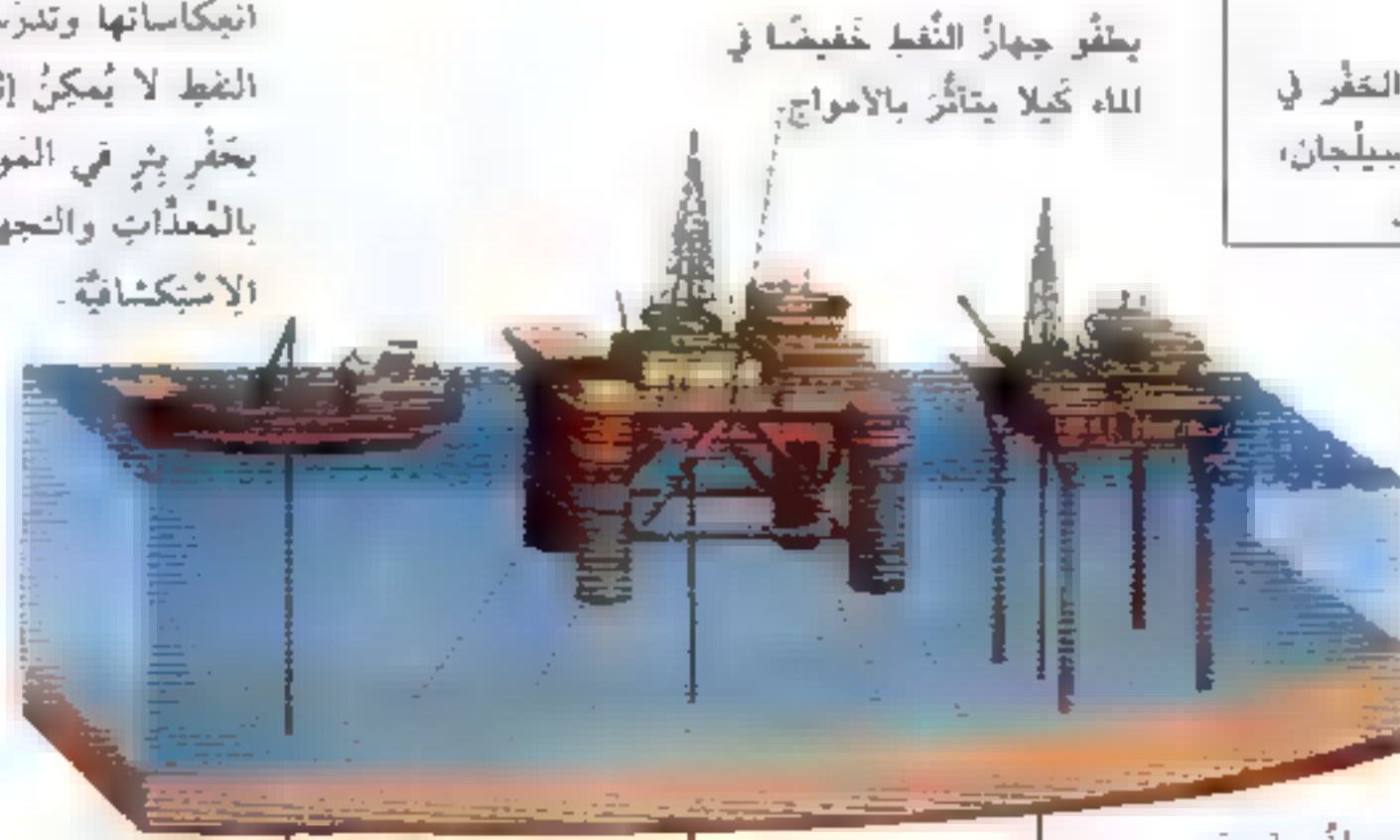
## مِنَصَّةُ الإِنتاجِ

عندَ إثباتِ وُجُودِ كَمِيَّةٍ من النِّفْطِ مُجدِيَّةٍ اِقْصَادِيًّا، يُضارُّ إلى اسْتِخْراجِها بِواسِطَةِ مِنَصَّةٍ لإِنتاجِ. ومن المِنَصَّةِ تُحَفَّرُ البُئْرُ في صُخُورِ المَكْمَنِ. وَيُضخَّمُ النِّفْطُ إلى السَّطْحِ حيثُ يَجرِي نَقْلُهُ عَبْرَ الأنابيبِ أو الناقِلاتِ إلى مَعملِ تَكرِيرٍ (أو مَصفاةٍ).

يُستخدَمُ جِهازٌ حَقْرِ ذو  
مِرْفاعٍ في المِياهِ الضَّخِيلةِ  
نوعًا. وتَحْمِلُهُ قِوَانِمُ  
تَمْتدُّ إلى قاعِ البَحْرِ.

في المِياهِ الأعمقِ يُستخدَمُ جِهازٌ ذو قِوَانِمٍ  
صامِدَةٍ لِلسَّدِّ. وهو يَطْفُو، لَكِنَّهُ مُثَبِّتٌ في  
قاعِ البَحْرِ بِالأربِطةِ والسَّناداتِ.

تُستخدَمُ السُّفُنُ الحَقْرِ في المِياهِ  
العَمِيقَةِ جِدًّا. فَيُركَّبُ جِهازُ الحَقْرِ  
عَبْرَ ثَقَبٍ في قِيعِ السُّفِينَةِ.



## مُعَدَّاتُ الاسْتِكْشافِ

تُعَيَّنُ مَكانُ النِّفْطِ المُحتمَلَةِ  
بدراسةِ سَطْحِ الأرضِ بِطَريقَةِ  
التَّحْسُّسِ البَعاثِيِّ. فترسُلُ أمواجُ  
صوتِيَّةٌ إلى باطنِ الأرضِ وتُسجَلُ  
أَنعِكَاساتها وتُدرَسُ. لَكِنَّ وُجُودَ  
النِّفْطِ لا يُمكنُ إثباتُهُ فَعَلًا إِلَّا  
بِحَقْرِ بَئرٍ في المَوقِعِ. ويَتِمُّ ذلكَ  
بِالمُعَدَّاتِ والتَّجْهِيزاتِ  
الاسْتِكْشافِيَّةِ.



قد تُخضَعُ طَبَقَاتُ  
المَلْحِ لِشِدَّةِ الصَّغْطِ  
فترتفعُ عَبْرَ الصُّخورِ  
قِوْفَها مُكوِّنةً قِبةً. وقد  
يَتجمَّعُ النِّفْطُ في مِثلِ  
هَذِهِ القِبابِ.

صُخْرٌ كَتِيمٌ لا يَنفُذُ مِنَ النِّفْطِ،  
فَيُحتَبَسُ النِّفْطُ تَحْتَهُ.  
صُخْرٌ مَسامِيٌّ  
يَنفُذُ مِنَ النِّفْطِ.



يَتجمَّعُ النِّفْطُ في صُخْرِ  
مَسامِيٍّ يُحتَبَسُ فِيهِ، يُدعى  
مَكْمَنًا. وَيُحتَبَسُ النِّفْطُ عَادَةً  
في صُخْرِ كَتِيمٍ لا يَنفُذُ مِنَ.



يَتَكوَّنُ المَكْمَلُ المَقْرَدُ عَندَما يَنضِجُ  
صُخْرٌ المَكْمَلِ قِبالَةَ صُخْرِ آخَرَ.  
في مَكْمَلٍ طَبَقِيٍّ، تُطْمَرُ طَبَقَاتُ  
مُتَغَيِّرَةٍ من الصُّخْرِ المَسامِيِّ في  
صُخْرِ كَتِيمٍ. فإذا مَالَتْ تلكَ  
الطَبَقَاتُ يَتجمَّعُ النِّفْطُ في اطرافِها.



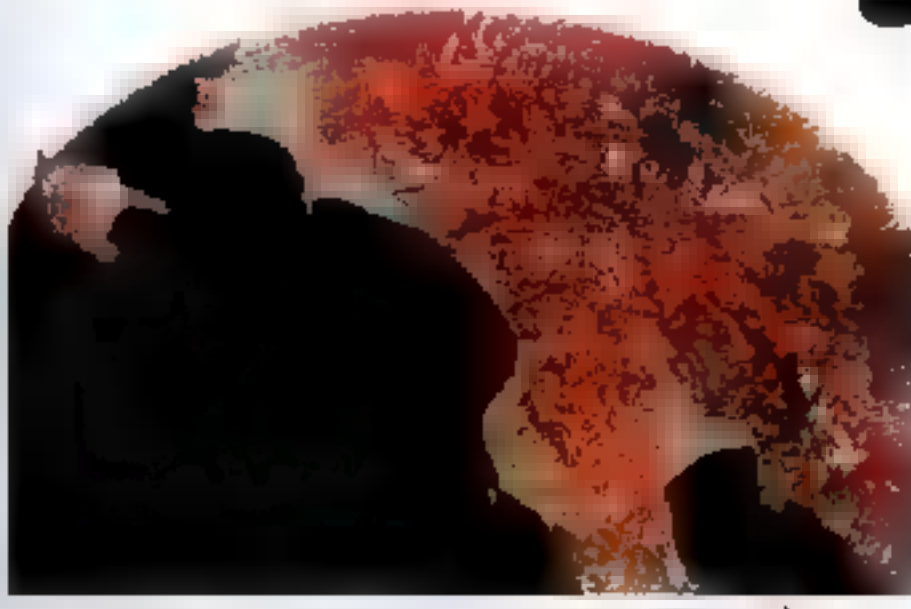
مُغْطالُ تَجهِيزاتِ الاسْتِكْشافِ  
في بَحْرِ الشَّمالِ

## لِزِيدٍ مِنَ المَعلُومَاتِ انظُرْ

- الكِيمياءُ العُصْرِيَّةُ ص ٤١
- صِناعَةُ الكِيميائِيَّاتِ ص ٨٢
- مُنتَجاتُ الغازِ ص ٩٧
- مُنتَجاتُ النِّفْطِ ص ٩٨
- البِجارُ والمُجِيطاتُ ص ٢٣٤
- حَفائِقُ ومَعلُومَاتُ ص ٤١٤



# رَسْمُ خَرَائِطِ الْأَرْضِ



صورة سَاتِلِيَّة لِجَزِيرَةِ بُولِيْبِيْنِيْس بِجَنُوبِ الْيُونَانِ

## خَرِيطَةُ سَاتِلِيَّة

إِنَّ تَقْنِيَّاتِ الْقَضَاءِ الْحَدِيثَةَ قَدْ أَحْدَثَتْ أَنْقِلَابًا فِي فُنُونِ الْخَرَائِطِ، فَأَصْبَحَتْ الْخَرَائِطُ تُرَسَّمُ مِنَ الصُّوَرِ الْمُتَلَقَّطَةِ بِوَسْطَةِ السَّوَاتِلِ، مُبَيِّنَةً شَكْلَ الْأَرْضِ كَمَا يَبْدُو مِنَ الْقَضَاءِ. وَبِسَبَبِ حَسَاسِيَّةِ السَّوَاتِلِ الْفَائِقَةِ، فَإِنَّهَا تَسْتَطِيعُ الْبِقَاطَ تَفَاصِيلَ دَقِيقَةٍ - كَأَنْوَاعِ الزَّرْعِ فِي مَنَاطِقٍ مُعَيَّنَةٍ مِنَ الْعَالَمِ، وَمُسْتَوَاتِ الْحَرَارَةِ الْمُتَبَعَّةِ مِنَ الْمَصَانِعِ.

## الْخَرَائِطُ

الْخَرِيطَةُ صُورَةٌ مُصَمَّمَةٌ لِتُبَيِّنَ الْمَلَامِحَ الطَبِيعِيَّةَ أَوِ الْحُدُودَ السِّيَاسِيَّةَ لِمَنْطِقَةٍ مُعَيَّنَةٍ مِنْ سَطْحِ الْأَرْضِ. وَالْخَرَائِطُ عَلَى أَنْوَاعٍ تَبَعًا لِأَغْرَاضِ اسْتِخْدَامِهَا. فَخَرَائِطُ الطَّرِيقِ مَثَلًا، تُرَكِّزُ عَلَى الطَّرِيقِ وَتَفَرُّعَاتِهَا، وَتُمَثِّلُ أَنْوَاعَهَا بِرُؤُوسٍ مُخْتَلِفَةٍ. أَمَّا الْخَرَائِطُ السِّيَاسِيَّةُ فَتُرَكِّزُ عَلَى الْحُدُودِ السِّيَاسِيَّةِ وَالتَّقْسِيمَاتِ الرَّسْمِيَّةِ وَالْإِدَارِيَّةِ.



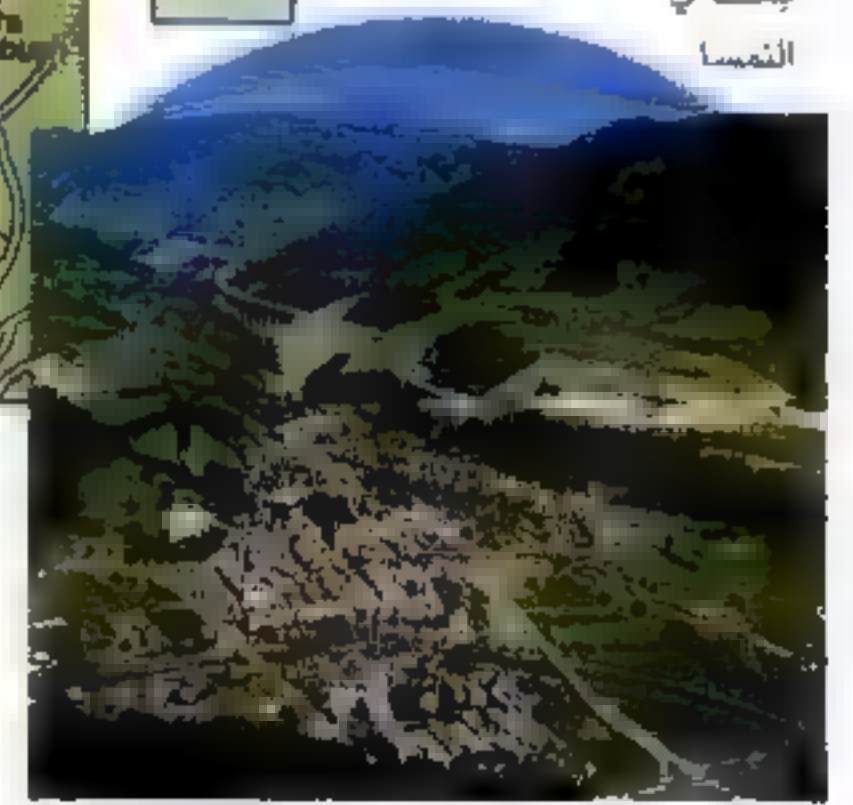
## ذَلِيلُ الرُّؤُوسِ



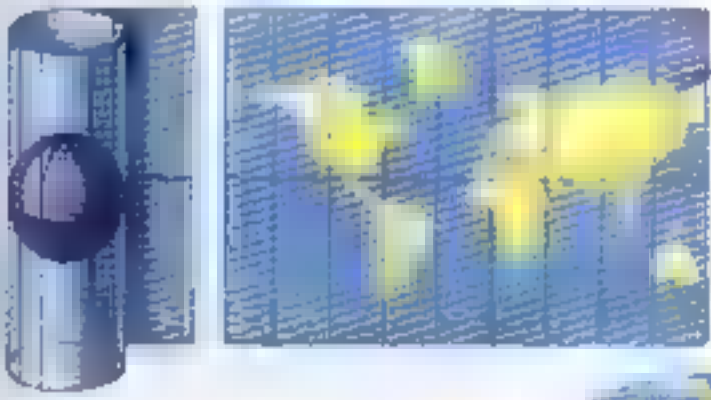
يُخِذَّتْ فِي النَّمْسَا

## التصوير الجوي

صُورَةٌ جَوِّيَّةٌ لِمَنْطِقَةٍ مِنَ الطَّائِرَةِ تُمَثِّلُ مَنْظَرًا عَامًّا لِمَنْطِقَةٍ. لَكِنَّ هَذِهِ الصُّورَةَ لَا تُبَيِّنُ الرُّؤُوسَ الْإِصْطِلَاحِيَّةَ الَّتِي نَجْعَلُ الْخَارِطَةَ صَالِحَةً لِلِاسْتِعْمَالِ، كَالْخَارِطَةِ أَعْلَاهُ.



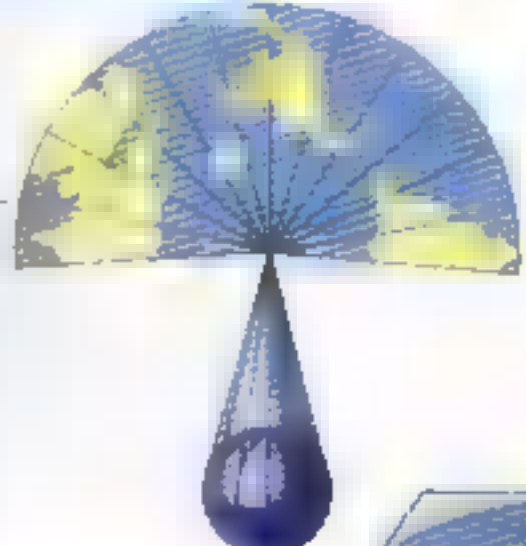
## مَشَقَطُ الْأَسْطُوَانِي



فِي الْمَشَقَطِ الْأَسْطُوَانِيِّ، يُتَخَيَّلُ لَفُّ الْوَرَقَةِ حَوْلَ الْأَرْضِ، مُلَاسَمَةً خَطِّ الْاِسْتَوَاءِ. فَالْخَارِطَةُ الْمَشَقَطَةُ بِهَذِهِ الطَّرِيقَةِ تُبَيِّنُ الشَّمَالَ دَائِمًا فِي أَعْلَى الْخَارِطَةِ، لَكِنَّ الْمِسَاحَاتِ فِيهَا مُشَوَّهَةٌ بِالتَّسْطِيعِ.

## مَشَقَطُ مَخْرُوطِي

- فِي الْمَشَقَطِ الْمَخْرُوطِيِّ تُشَكَّلُ الْوَرَقَةُ التَّخَيَّلِيَّةُ مَخْرُوطًا مُلَاسَمًا الْأَرْضَ عَلَى أَمْدَادِ خَطِّ غُرُضٍ مُعَيَّنٍ، إِنَّ الْخَارِطَةَ الْمُرْسُومَةَ بِهَذِهِ الطَّرِيقَةِ فِي الْأَقْلَى تُشَوِّيهَا فِي الْمِسَاحَاتِ.



فِي الْمَشَقَطِ السُّفْنِيِّ، تُلَاسَمُ الْوَرَقَةُ الْكُرَّةِ الْأَرْضِيَّةِ فِي نَقْطَةٍ وَاحِدَةٍ، وَإِنَّا كَانَتْ تِلْكَ النِّقْطَةُ الْقُطْبُ، فَخُطُوطُ الطُّولِ عِنْدَئِذٍ تَظْهَرُ بِزَوَايَاهَا الصَّحِيحَةِ.



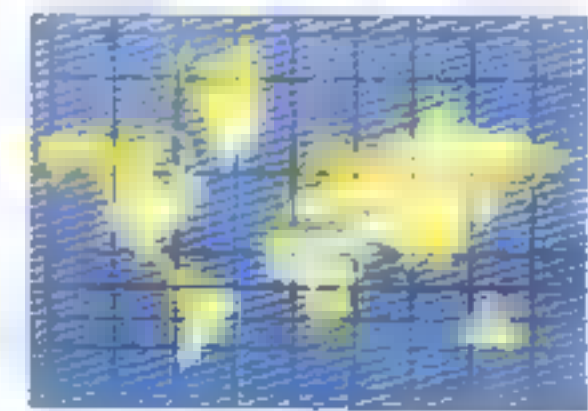
## مَشَقَطُ سِفْنِي

## خَارِطَةُ بِيْتَرَزْ

صَمَّمَتْ هَذِهِ الْخَارِطَةُ أَرْثُوسَ بِيْتَرَزْ عَامَ ١٩٧٧، وَهِيَ تُبَيِّنُ التَّغْيِلاتِ الْحَقِيقِيَّةَ لِلْقَارَاتِ. لَكِنَّ حَتَّى يَتَوَصَّلَ بِيْتَرَزْ إِلَى تَحْقِيقِ ذَلِكَ، كَانَ لَا بُدَّ مِنْ نَقْطِ أَشْكَالِ الْقَارَاتِ.

## مِرْكَاتُور

الْمَشَقَطُ الْمِرْكَاتُورِيُّ، الَّذِي نُشِرَ لِلْمَرَّةِ الْأُولَى عَامَ ١٥٦٩، أُسَّسَهُ الْمَشَقَطُ الْأَسْطُوَانِيُّ. وَلَمَّا كَانَتْ الْإِنْجَاهَاتُ فِيهِ غَيْرَ مُشَوَّهَةٍ، فَإِنَّ هَذَا الْمَشَقَطَ مُفِيدٌ فِي الْمِلَاحَةِ وَخَرَائِطِ الْأَرْضَادِ الْجَوِّيَّةِ - حَيْثُ اتَّجَاهَاتُ الرِّيحِ بِالْعَمَلِ الْأَهْمِيَّةِ. لَكِنَّ تَشَوُّهُ الْمِسَاحَاتِ كَبِيرٌ جَدًّا فِيهِ، حَتَّى إِنَّ جَرِينْلَنْدَ يَبْدُو بِخَجَمٍ إِفْرِيقِيٍّ أَوْ أَكْبَرَ قَلِيلًا، بَيْنَمَا تُسَاوِي هِيَ فِي الْوَاقِعِ حَوَالِي ١/٢ مِنْ مِسَاحَةِ إِفْرِيقِيَّةِ.



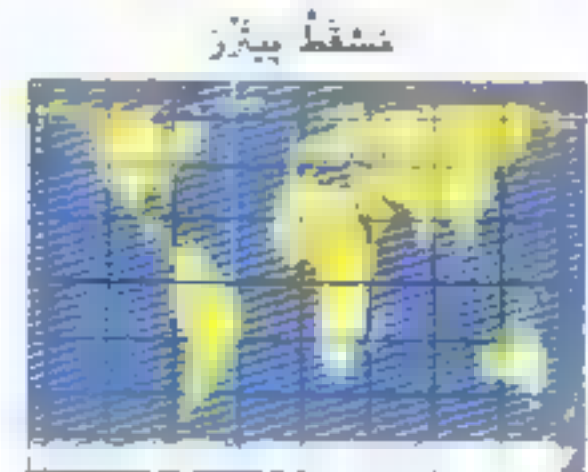
## مَشَقَطُ مِرْكَاتُور



عَالِمُ الْجُغْرَافِيَّةِ، الْبَلْجِيكِيُّ جِيْرَارْدُوسُ مِرْكَاتُور، الْمَوْلُودُ جِيْرهَارْدُ كَرِيمِر (١٥١٢-١٥٩٤).

## تَسَاقُطُ الرَّسْمِ

لِكَيْ نَعْرِضَ سَطُوحَ الْأَرْضِ الْمُقَوَّسَةِ عَلَى وَرَقَةٍ مُسَطَّحَةٍ بِدَقَّةٍ، نَسْتَخْدِمُ تَقْنِيَّةَ الْإِنْطِاقِ. تَخَيَّلْ أَنَّ الْأَرْضَ شَفَائِفَةً وَأَنَّ فِي مَرْكَزِهَا ضَوْءٌ يُلْقِي ظِلًّا لَا يَمَعَالِمُ سَطْحِ الْأَرْضِ عَلَى وَرَقَةٍ مُوَضَّعَةٍ قَرْنِهَا. فَالظَّلُّ السَّاقِطُ عَلَى الْوَرَقَةِ هُوَ أَسَاسُ تِلْكَ الْخَارِطَةِ.



## مَشَقَطُ بِيْتَرَزْ

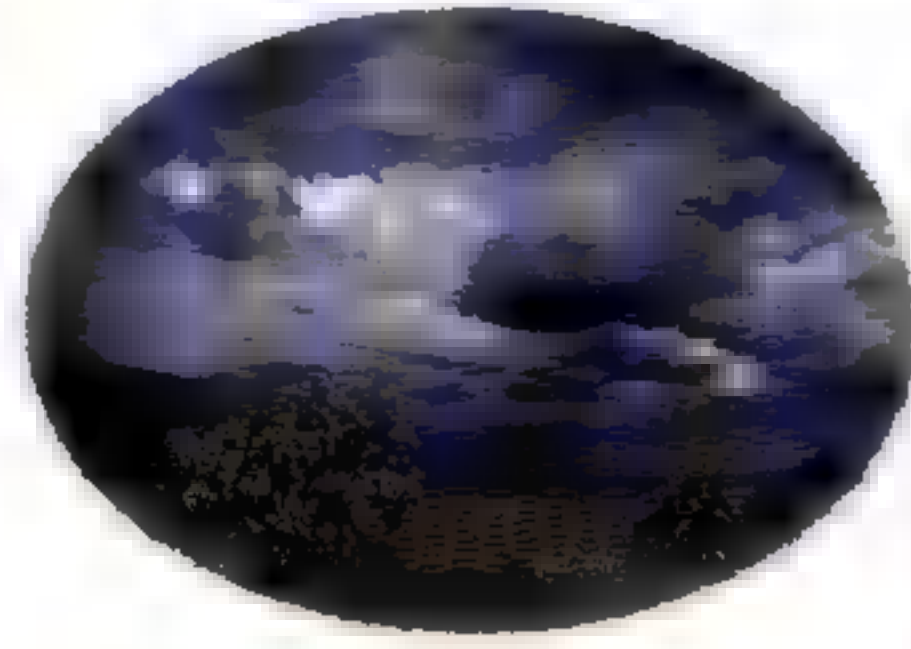
## لِمَزِيدٍ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ انْظُرْ

- التَّلْسُكُوبَاتِ الْأَرْضِيَّةِ ص ٢٩٧
- تَلْسُكُوبَاتِ الْقَضَاءِ ص ٢٩٨
- السَّوَاتِلِ (الْأَقْمَارُ الصَّانِعِيَّةُ) ص ٣٠٠
- السَّوَابِرُ الْقَضَائِيَّةُ ص ٣٠١
- الْمَخَطَّاتُ الْقَضَائِيَّةُ ص ٣٠٤
- خَفَائِقُ وَمَعْلُومَاتُ ص ٤١٤



# الطقس

حياة الناس جميعًا تتأثر بالطقس - ماذا يأكلون ويشربون، وماذا يلبسون وكيف يتصرفون وما أنواع بيئاتهم وأشكال منازلهم. حتى طبيعة الأرض تتأثر وتشكل بعوامل الطقس؛ فالرياح والمطر والثلج والجليد كلها عوامل تحت الصخور والجبال. الطقس جزء من عالمنا - إنه حالة الهواء في أي مكان وزمان؛ وقد يكون حارًا أو باردًا، عاصفًا أو ساكنًا، رطبًا أو جافًا. في بعض المناطق يتغير الطقس بين يوم وآخر؛ وفي مناطق أخرى قلما يتغير على مدار العام. وجملة أحوال الطقس لمنطقة بين عام وآخر تُسمى المناخ. ويعتمد المناخ أساسًا على بُعد الموقع شمالًا أو جنوبًا عن خط الاستواء وبالتالي على كمية الطاقة الشمسية التي يتلقاها.



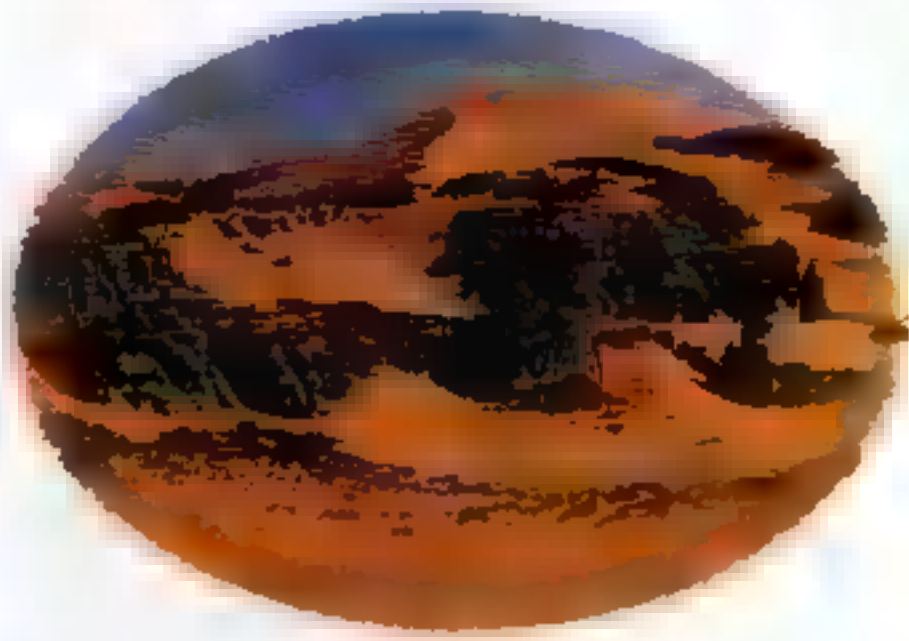
## المطر

سكان المناطق المطيرة يعرفون أن الجو الملبّد بالسحب الرمادية السوداء يُسمّى بالمطر. فالسحب المُرَبَّة كثيفة تنبت بالمطر بحيث تضد أشعة الشمس. وكثما أزدادت الغيوم كثافة وسوادًا أزدادت كمية الأمطار المحتتمل سقوطها.

## سحب كثيفة

فلتد فوق آسيا

سحب دوامية في  
مُنخفض ضغطي

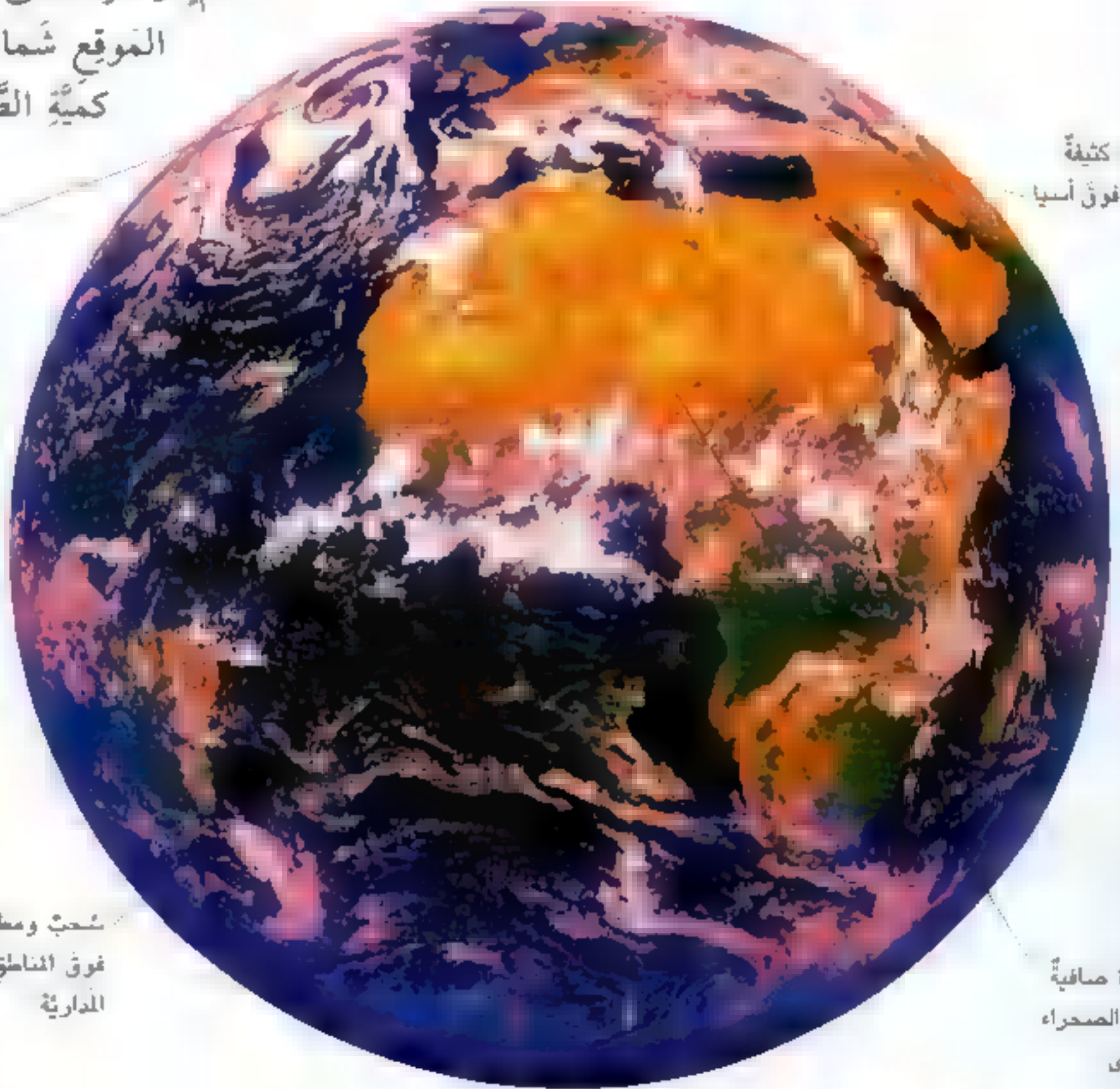


## المناطق المشمسّة

المناطق ذات الطقس الأكثر حرارة في العالم هي الصحارى الجافة البعيدة قليلًا عن خط الاستواء - حيث الأجواء خلوّ من السحب الدّاكنة التي تحجب شمس الشمس. فالأجواء في الصحراء الكبرى في إفريقيا صافية لا غيم فيها طوال أيام السنة تقريبًا.

سحب ومطر  
فوق المناطق  
المدارية

أجواء صافية  
فوق الصحراء  
الكبرى



أجواء صافية فوق  
القارة القطبية الجنوبية

## تلف المحاصيل

هبوب الرياح العاتية وسقوط الأمطار الغزيرة وأنهمار البرد أثناء سيرة المزارعين لأنها تلف مزرعاتهم ومحاصيلهم. لذا يحاول المُنبتون بأحوال الطقس تحذير المزارعين من الطقس السيئ كي يتخذوا ما يمكنهم من الاحتياطات. هذه الأكوام الضخمة من الرّثقال في كاليفورنيا، بالولايات المتحدة، تلفت بسوء الأحوال الجوية. فعادت لا تصلح للبيع.

## إله الشمس

كثير من أهل الحضارات القديمة عبدوا إلهة خاصة لاعتقادهم أنها المسؤولة عن أحوال الطقس. فمشائر الأزتك في المكسيك عبدوا إله الشمس توناتونتيخ طمعًا في نور شمسهم لإنقاذ محاصيلهم. فبدون ما يكفي من هذا الضياء كانت تنافس محاصيلهم وتحرق بهم المجاعة. فتوناتونتيخ، وما يُشكّل، كان مهمًا جدًا لهنود الأزتك حتى إنهم شيّدوا له المعابد وقدموا له القرابين البشرية ليُدّ جرحهم على أسيرياته.





# شع الشمس

يُقدّر العلماء أنه لو تحاطت الشمس بغلاف من الجليد سُمكُه ١,٥ كم، فحرارتها المُشعة ستصهر الجليد كله في ساعتين ويضع دقائق. ومصدر هذه الطاقة الحرارية هو التفاعلات النووية في باطن الشمس. وتبلغ درجة الحرارة على سطح الشمس حوالي ٦٠٠٠°س؛ وهي تُشع طاقتها في جميع الاتجاهات؛ ويعتمد طقسنا ومناخنا على هذه الطاقة. الشمس هائلة الحجم، إذ يُمكنها استيعاب مليون كوكب بحجم الأرض في داخلها؛ وهي تبدو لنا صغيرة لأنها تبعد عن الأرض ١٥٠ مليون كم. ورغم هذا البعد فتور الشمس باهر جدًا بحيث يجب عدم النظر إليها مباشرة؛ لأن ذلك يؤدي العينين.

## دورة الجفاف

يعتقد بعض العلماء أن البقع الشمسية تؤثر في الطقس. ففي بعض أنحاء العالم، تتركز شح الأمطار دوريًا كل ٢٢ سنة تقريبًا (أي فترة دورتين متتاليتين للبقع الشمسية) مُتسببًا جفافًا وفحطًا شديدين. وقد أصاب ذلك أمريكا الشمالية في الثلاثينيات وفي الخمسينيات وفي السبعينيات من القرن العشرين. وإذا صحت نظرية البقع الشمسية فيتوقع تكرار هذا الشح أواخر التسعينيات من هذا القرن. ومعلوم أنه بأنحباس الأمطار تنضب الأنهار وقد تجف.

## إدوارد موندّر

ذهي عالم الفلك البريطاني،  
إدوارد موندّر (١٨٥١-١٩٢٨)،

عندما وجد أن  
السجلات المؤرخة لنشاط  
الشمس تبين أنعدام البقع  
الشمسية في الفترة بين عامي  
١٦٤٥ و ١٧١٥، المعروفة الآن

بأذنوية موندّر. وفي الفترة نفسها،  
كان البرد في أوروبا من الشدة بحيث عُرفت تلك الفترة  
«بالعصر الجليدي الصغير». وقد تزوّج موندّر من  
مُساعدته آني زميل وعملًا معًا فكانت إحدى أولى  
عالمات الفلك في العالم. وكان لجهدهما الخاص  
فضل في شهرتها.



## عوامل التحكم في الطقس

أحوال الطقس تحكمها حرارة الشمس التي  
تُغذي الهواء في حركة دائمة. فعندما يسخن سطح  
الأرض، يسخن الهواء الذي يلامسه فيرتفع، ويحل محله  
هواء بارد؛ وهذا يُثير الرياح. كذلك فإن حرارة الشمس تُسخن  
الماء من البحار فتتكون السحب وهذه تسقط رطوبتها مطرًا  
عندما تبرد.

قطر الشمس

١٠٨ أضعاف

قطر الأرض؛ لكن

الأرض ككرة صخرية

جامدة فيما الشمس كرة

غازية حارة.

## تركيب شع الشمس

يُمكن تركيز قدرة أشعة الشمس بواسطة  
عدسة مكبرة عادية تحرق تقريبًا في قطعة من  
الورق. (الاحداث لا يحاولون ذلك دون إشراف  
الراشدين). وفي الاقطار الجافة الحارة،  
تستخدم مرآة مقوّسة خاصة لتركيز أشعة الشمس  
لإحماء «الوح نشخين» يستعمل موقدًا للطنبخ.



## البقع الشمسية

تُشاهد أحيانًا بقع دائمة على سطح الشمس تقل درجة  
حرارتها عن باقي سطح الشمس المُضيء، فتبلغ حوالي  
٤٠٠٠°س. توجد في هذه البقع مجالات  
مغناطيسية، وينبأ عندها، زيادة ونقصانًا، في  
فترات دورية كل ١١ سنة. الصورة أعلاه  
التقطت في ١ أيلول (سبتمبر) عام  
١٩٨٩، قبل بضعة أشهر من النشاط الأقصى  
للبقع الشمسية.



## لزيد من المعلومات انظر

المناخات المتغيرة ص ٢٤٦

الرياح ص ٢٥٤

تكوين السحب ص ٢٦٢

المطر ص ٢٦٤

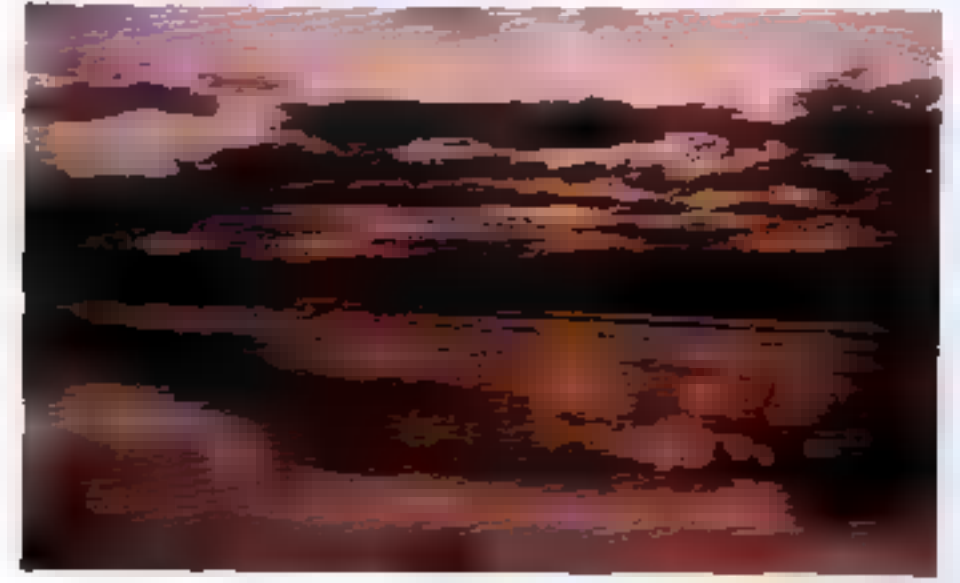
الشمس ص ٢٨٤

الأرض ص ٢٨٧



# الفصول

تَدَوُّمُ الأرضِ حَوْلَ مَحْوَرِهَا (كَالْخُذْرُوفِ) فِيْمَا هِيَ تَدَوُّرُ حَوْلَ الشَّمْسِ فِي مَدَارٍ بَيْضِي الشَّكْلِ، مُتَمِّمَةً الدَّوْرَةَ الْكَامِلَةَ فِي ٣٦٥,٢٦ يَوْمًا. وَيَمِيلُ مَحْوَرُ الأرضِ عَلَى مُسْتَوَى الْفَلَكَ ٢٣,٥°، بِحَيْثُ إِنَّ هَذَا الْمَيْلَ يَكُونُ نَحْوَ الشَّمْسِ فِي نِصْفِ الْكُرَةِ الشَّمَالِي عِنْدَمَا الأرضُ فِي جَانِبِ مِنَ الشَّمْسِ، وَبَعْدَ سِتَّةِ أَشْهُرٍ، حِينَ الأرضُ فِي الْجَانِبِ الْآخَرَ مِنَ الشَّمْسِ، يُصْبِحُ الْمَيْلُ نَحْوَ نِصْفِ الْكُرَةِ الْجَنُوبِي. فِي نِصْفِ الْمَائِلِ نَحْوَ الشَّمْسِ تَرْتَفِعُ الشَّمْسُ عَالِيًا فِي كَيْدِ السَّمَاءِ وَتَكُونُ الْأَيَّامُ طَوِيلَةً (يَنْهَرُهَا) وَالطَّقْسُ حَارًّا، وَالْفُضْلُ صَيْفًا. بَيْنَمَا فِي نِصْفِ الْكُرَةِ الْمُقَابِلِ، الْحَائِدِ عَنِ الشَّمْسِ، يَكُونُ ارْتِفَاعُ الشَّمْسِ اخْفَاضًا فِي تَكْبِيدِهَا السَّمَاءَ، وَالْأَيَّامُ أَقْصَرُ وَأَبْرَدُ، وَالْفُضْلُ شِتَاءً.



## شَّمْسُ مُتَنَصِّفِ اللَّيْلِ

فِي الْمَنَاطِقِ الْقَرِيبَةِ مِنَ الْقُطْبِ الشَّمَالِيِّ لَا تَغِيبُ الشَّمْسُ خِلَالِ فَضْلِ الصَّيْفِ عَلَى مَدَى عِدَّةِ أَشْهُرٍ. فِي بِلْدَانِ، كَنْيَلَنْدَا، يَكُونُ نَهَارٌ لِمُدَّةِ ٢٤ سَاعَةً، وَذَلِكَ بِسَبَبِ مَيْلِهَا بِمَحْوَرِهَا. وَتُشْمَى هَذِهِ مَنَاطِقُ شَمْسٍ مُتَنَصِّفِ اللَّيْلِ. وَبَيْنَمَا يَكُونُ فِي الْقُطْبِ الشَّمَالِيِّ نَهَارٌ دَائِمٌ، يَكُونُ لَيْلٌ دَائِمٌ فِي الْقُطْبِ الْجَنُوبِيِّ أَوْاسِطَ الشِّتَاءِ حَيْثُ لَا تَطْلُعُ الشَّمْسُ مُطْلَقًا. وَتَعَكُّسُ الْحَالِ فِي السِّتَةِ الْأَشْهُرِ الْتَالِيَةِ.

## الأرضُ تَدَوُّمُ مَائِلَةً

تَدَوُّمُ الأرضِ حَوْلَ مَحْوَرِهَا (وَهُوَ خَطُّ وَهْمِيٍّ غَيْرِ قُطْبِيٍّهَا الشَّمَالِيِّ وَالْجَنُوبِيِّ). وَهَذَا الْمَحْوَرُ لَيْسَ عُمُودِيًّا عَلَى مُسْتَوَى مَدَارِ الأرضِ حَوْلَ الشَّمْسِ، بَلْ يَمِيلُ عَنْهُ كَمَا أَسْلَفْنَا بِـ ٢٣,٥°. وَهَكَذَا فَإِنْ أَحَدُ نِصْفِي الْكُرَةِ الْأَرْضِيَّةِ يَتَلَقَّى إِشْعَاعَ الشَّمْسِ أَكْثَرَ مِنَ النِّصْفِ الْآخَرِ، وَبِالتَّالِيِ حَرَارَةٌ أَكْثَرَ تَبَعًا لِذَلِكَ الْوَقْتُ مِنَ السَّنَةِ. وَهَذَا التَّغْيِيرُ فِي دَرَجَاتِ الْحَرَارَةِ عَلَى مَدَارِ السَّنَةِ يُسَبِّبُ الْفُضُولَ.

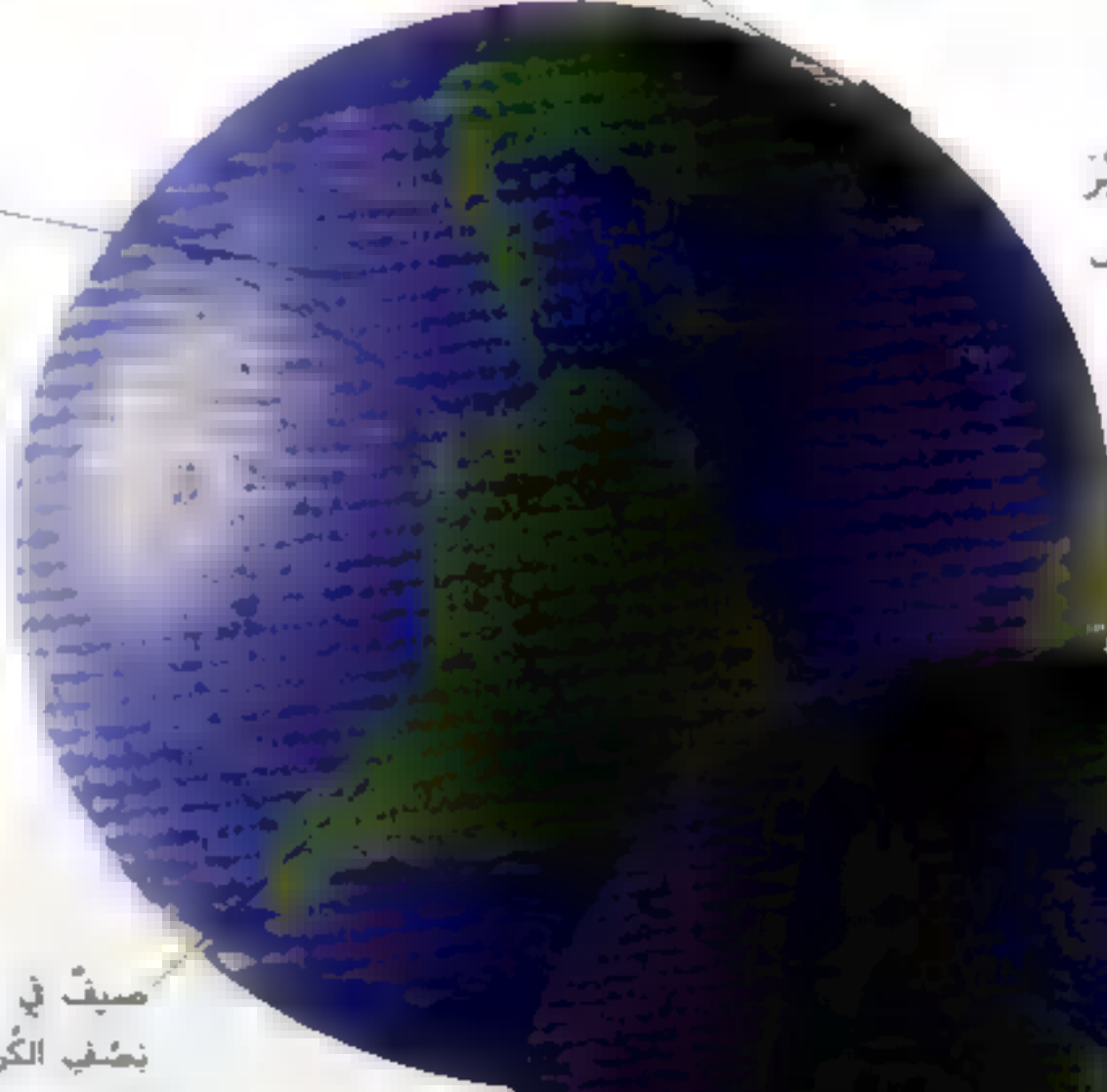
فِي الْقُطْبَيْنِ فَضْلَانِ فَضْلًا شِتَاءً عَلَى مَدَى سِتَّةِ أَشْهُرٍ، وَصَيْفٌ لِمُدَّةِ شَهْرٍ.

هَيْدٌ

مِيلَادٍ مُتَلَجٍّ

الْخَامِسُ وَالْعِشْرُونَ مِنْ كَانُونِ الْأَوَّلِ (دَيْسَمِيرٍ) يَكُونُ شِتَاءٌ فِي نِصْفِ الْكُرَةِ الشَّمَالِيَّةِ، فَتُخَفِّضُ الْحَرَارَةُ، وَتُتَلَجُّ السَّمَاءُ وَالْأَرْضُ عَادَةً فِي بِلَادِ كَانْتَرُوجْ وَكَنْدَا. وَيَتَخَذُ النَّاسُ إِلَى أَرْتِدَاءِ الْمَلَابِيسِ الدَّفِئَةِ خَارِجَ مَنَازِلِهِمْ.

يَمِيلُ نِصْفُ الْكُرَةِ الشَّمَالِيَّةِ عَنِ الشَّمْسِ، فَيَكُونُ شِتَاءً.



صَيْفٌ فِي نِصْفِ الْكُرَةِ الْجَنُوبِيَّةِ

يَمِيلُ نِصْفُ الْكُرَةِ الشَّمَالِيَّةِ نَحْوَ الشَّمْسِ، فَيَكُونُ صَيْفًا.

الْمَنَاطِقُ الْقَرِيبَةُ مِنَ خَطِّ الاسْتِوَاءِ تَتَلَقَّى ذَوْنًا كَامِلًا حَرَارَةَ الشَّمْسِ نَهَارًا.

شِتَاءٌ فِي نِصْفِ الْكُرَةِ الْجَنُوبِيَّةِ

الْمَنَاطِقُ بَيْنَ الْقُطْبَيْنِ وَالْمَنَاطِقُ الْاِسْتِوَانِيَّةِ الْمَدَارِيَّةُ تَتَغَيَّرُ تَدْرِيجِيًّا مِنْ الرَّبِيعِ إِلَى الصَّيْفِ إِلَى الْخَرِيفِ إِلَى الشِّتَاءِ.

هَيْدٌ مِيلَادٍ حَارٍّ

عِيدُ الْمِيلَادِ (٢٥ كَانُونِ الْأَوَّلِ) يَوْمٌ مِنَ الصَّيْفِ فِي نِصْفِ الْكُرَةِ الْجَنُوبِيَّةِ. فِي بِلْدَانِ كَاسْتَرَالِيَا، يَكُونُ الطَّقْسُ مُرَاتِيًا لِلْاِسْتِرَادِ عَلَى شَاطِئِ الْبَحْرِ.

## تَبَايُنُ الظَّلَالِ مَوْسِمِيًّا

عِنْدَ بَعْضِ أَهْلِ الْحَضَارَاتِ الْقَدِيمَةِ الشَّمْسُ، وَغَرَقُوا تَغْيِيرَاتِ مَسَارِهَا. هَذَا الْحَجَرُ فِي مَدِينَةِ إِنْكَا مِنْ مَاتَشُو بِيَشُو، بِالْبِيرُو هُوَ الْإِنْشِيهُوتَانَا - أَوْ نُصِبُ إِنْشِي، إِلَهَ الشَّمْسِ. وَقَدْ لَحِظَ الْإِنْكِيُونُ تَغْيِيرَاتِ طَوْلِ ظِلِّ هَذَا الْحَجَرِ عِنْدَ الظَّهْرِ خِلَالَ السَّنَةِ.

فِي مُتَنَصِّفِ الشِّتَاءِ، عِنْدَمَا يَكُونُ نِصْفُ الْكُرَةِ فِي أَقْصَى بُعْدِهِ عَنِ الشَّمْسِ، يَكُونُ ظِلَّامٌ فِي الْقُطْبِ طَوَالَ الْيَوْمِ.

## لِزِيدٍ مِنَ الْعُلُومَاتِ انْظُرْ

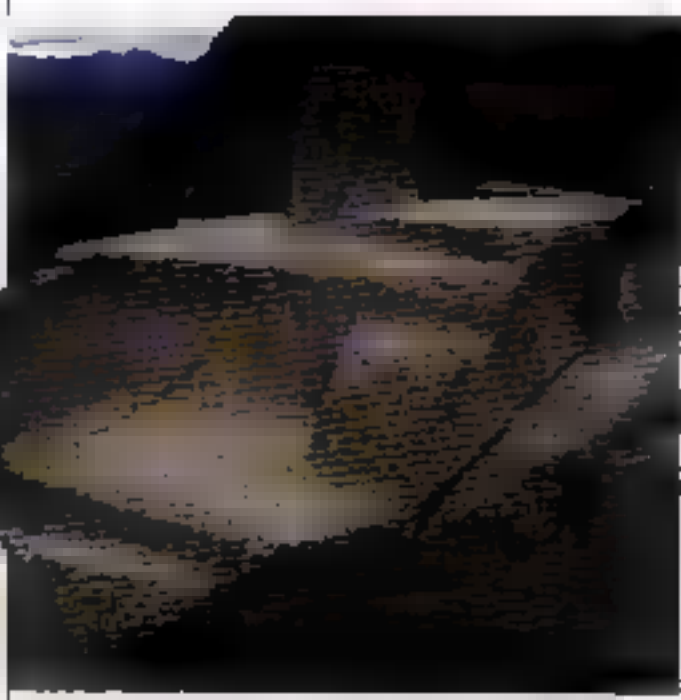
تَكُونُ الأرضُ ص ٢١٠

شُعُ الشَّمْسِ ص ٢٤٢

الثلج ص ٢٦٦

النَّظَامُ الشَّمْسِي ص ٢٨٣

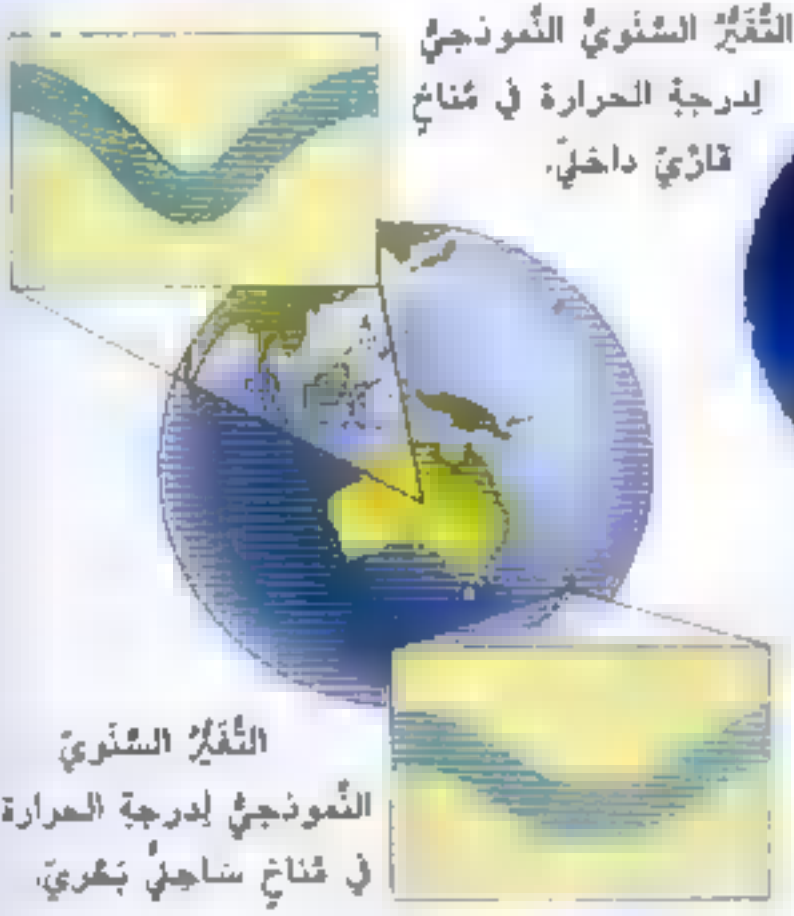
مَنَاطِقُ الْقُطْبَيْنِ وَالتَّنْدَرَا ص ٣٨٧





# المناخ

يَعْتَمِدُ مَنَاحُ مِنطَقَةٍ مَا عَلَى مَوْقِعِهَا عَلَى سَطْحِ الْأَرْضِ. فَمَنَاحُ  
المِنَاطِقِ الْقَرِيبَةِ مِنْ خَطِّ الْإِسْتِوَاءِ حَارٌّ لِأَنَّهَا تَتَلَقَّى شَعَّ الشَّمْسِ  
مِنْ فَوْقِهَا مُتَعَامِدًا تَقْرِيبًا؛ بَيْنَمَا الْمَنَاحُ  
بَعِيدًا عَنْ خَطِّ الْإِسْتِوَاءِ يَكُونُ بَارِدًا  
دَوْمًا. لَكِنَّ الْمَنَاحَ لَا يَعْتَمِدُ فَقْطَ عَلَى  
بُعْدِ الْمَكَانِ عَنْ خَطِّ الْإِسْتِوَاءِ؛  
فَتَيَّارَاتُ الْمُحِيطَاتِ تَحْمِلُ الدَّفْءَ  
حَوْلَ الْعَالَمِ وَتُؤَثِّرُ فِي مَنَاحَاتِ  
الْيَابِسَةِ. كَذَلِكَ يَتَأَثَّرُ مَنَاحُ الْمَكَانِ بِبُعْدِهِ عَنِ الْبَحْرِ،  
وَبِارْتِفَاعِهِ عَنْ سَطْحِ الْبَحْرِ؛ فَكُلَّمَا أَرْتَفَعَ الْمَكَانُ كَانَ  
مَنَاحُهُ أْبَرَدَ عَلَى الْأَرْجَحِ. وَتُصَنَّفُ الْمَنَاحَاتُ إِلَى ثَمَانِيَةِ  
أَنْوَاعٍ رَئِيسِيَّةٍ مَعَ آخْتِلَافَاتٍ بَسِيطَةٍ ضِمْنَ كُلِّ نَوْعٍ.



## المنطقة المعتدلة

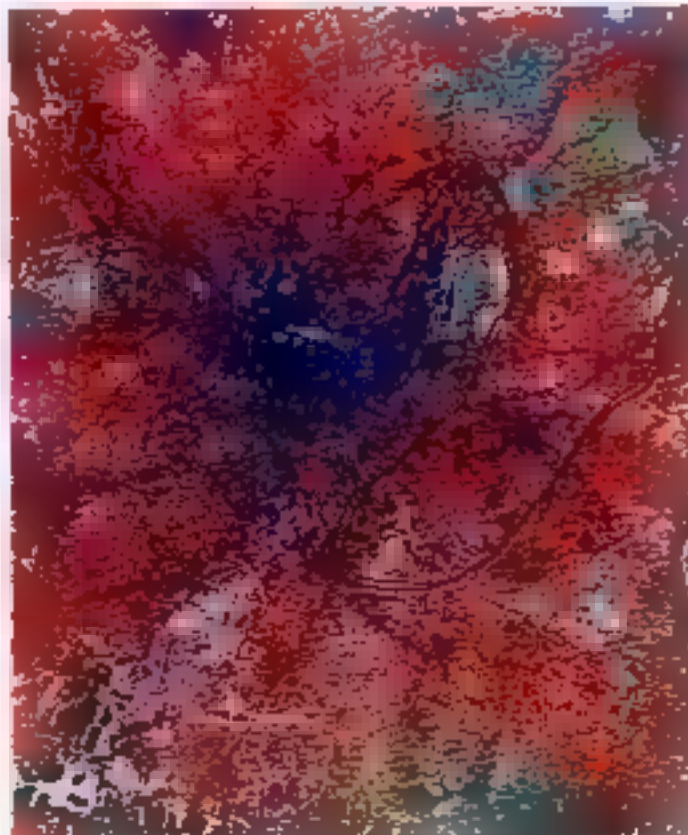
فِي الْمَنَاطِقِ الْمُعْتَدِلَةِ الْمَنَاحُ قَدْ يَسْقُطُ الْمَطَرُ فِي أَيِّ وَقْتٍ مِنَ السَّنَةِ.  
فَضِيْفُهَا عَادَةً لَيْسَ حَارًّا جَدًّا، وَشِتَاؤها لَيْسَ بَارِدًا جَدًّا، لَكِنَّهَا قَدْ  
تُعَانِي مِنْ فِتْرَاتٍ حَرٍّ قَصِيرَةٍ فِي الصَّيْفِ وَنَوِيَّاتٍ مِنْ نَسَاطِطِ الثَّلَجِ  
شَدِيدَةٍ فِي الشِّتَاءِ. تَقَعُ شُهُوبٌ وَأَبْوِمْخٌ، بِالْوِلَايَاتِ الْمُنْحَدَةِ،  
وَمُعْظَمُ حَوَاضِ الْبَحْرِ الْأَبْيَضِ الْمُتَوَسِّطِ فِي الْمَنَاطِقِ الْمُعْتَدِلَةِ.

## المناطق الساحلية

الْبُلْدَانُ الْمُحَاطَّةُ بِالْبَحْرِ وَالصَّغِيرَةُ الْكُتْلَةُ الْأَرْضِيَّةُ نَسِيبًا، كَبْرِيَانِيَا وَنِيوزِيلَنْدَا، لَا مَكَانَ  
فِيهَا بَعِيدٌ جَدًّا عَنِ الْبَحْرِ، وَتَلْعَمُ بِمَنَاحٍ مُطَرِّدٍ الْإِعْتِدَالِ صَيْفًا وَشِتَاءً؛ وَيُعْرَفُ مَنَاحُهَا  
بِالْمَنَاحِ الْبَحْرِيِّ. وَفِي هَذَا الْمَنَاحِ لَا تَحْدُثُ تَغْيِيرَاتٌ كَبِيرَةٌ فِي دَرَجَةِ الْحَرَارَةِ لِأَنَّ الْبَحْرَ  
لَا يَسْخَنُ وَلَا يَبْرَدُ بِسُرْعَةٍ كَالْيَابِسَةِ، فَهُوَ يَمْتَصُّ الْحَرَارَةَ صَيْفًا وَيُطْلِقُهَا شِتَاءً.

## مناخ صُغْرِيّ

الْمَسَاحَاتُ الصَّغِيرَةُ قَدْ تَخْتَصُّ بِمَنَاحٍ مُعَيَّنٍ يُسَمَّى مَنَاحًا صُغْرِيًّا. فَمُعْظَمُ الْمُدُنِ مُغْطَاةٌ بِكُتْلَةٍ هَوَائِيَّةٍ دَافِئَةٍ تُدْعَى «جَزِيرَةً حَرَارِيَّةً» أَسْخَنَ بِحَوَالِي ٦° مِ  
مِنْ الْهَوَاءِ خَارِجَ الْمَدِينَةِ. هَذِهِ صُورَةُ التَّقَطُّعِ سَائِلٍ فُضَائِيٍّ خَاصٍّ لِمَدِينَةِ بَارِيْسَ، بِفَرَنْسَا، تُبَيِّنُ الْمَسَاحَاتِ الْأَكْثَرَ حَرَارَةً بِالْأَزْرَقِ وَالْمَنَاطِقَ الْأَبْرَدَ بِالْأَخْضَرِ.



## المناخ الاستوائي المداري

مَنَاطِقُ الْمَنَاحِ الْإِسْتِوَائِيِّ الْمَدَارِيِّ تَقَعُ حَوْلَ خَطِّ الْإِسْتِوَاءِ  
فِي نِطَاقٍ خَطِّي الْعَرْضِ ١٠° شَمَالًا وَ ١٠° جَنُوبًا، طَقْسُهَا  
حَارٌّ دَوْمًا - فَتَتَوَارَخُ دَرَجَةُ الْحَرَارَةِ بَيْنَ ٢٤° وَ ٢٧° مِ،  
وَتُصَيِّفُهَا نَوِيَّاتٌ مُنْتَظِمَةٌ مِنَ الْمَطَرِ الْغَزِيرِ عَلَى مَدَارِ السَّنَةِ،  
بَعِيدٌ لَا يَقِلُّ إِجْمَالِي الشَّاقِطُ عَنْ ١٥٠ سم. وَهَذِهِ  
الظُرُوفُ الْمَنَاحِيَّةُ مِثَالِيَّةٌ لِلْغَابَاتِ الْمَطِيرَةِ.

## دليل المخارطة

- قطبي
- تندرا
- جبلي
- معتدل بارد
- معتدل دافئ
- صحراوي
- موسمي
- إستوائي مداري



## المناخ القطبي

مناخ ألاسكا قطبي بارد جدًا وجاف تصحبه رياح قوية، والشمس فوقًا خفيفة في الأفق حتى في منتصف النهار. ترتفع درجة الحرارة صيفًا بالقرب من الشواطئ إلى حوالي ١٠°م فقط، أما في الداخل فالبرودة أشد بكثير.

المناطق القطبوتراوية  
المناخ باردة  
خفيفة كمية المطر،  
ورضيها قصير.

أوروبا

آسيا

إفريقيا

إندونيسيا

أستراليا

نيوزيلندا

## المناخ الصحراوي

في مناطق المناخ الصحراوي يقل كمية المطر السابق سنويًا عن ٢٥سم. ولا توجد عادة سحابة تطفئ حرارة الشمس نهارًا أو تحفظ الدفء ليلاً. إذا فالنهار حار جدًا (قد تبلغ فيه درجة الحرارة ٥٢°م)، والليل بارد جدًا. هذه صحراء الأبراج الطبيعية في غرب أستراليا.

في مناطق المناخ المعتدل البارد يتساقط المطر على مدار السنة، ويكون الصيف حارًا نوعًا والشتاء باردًا.

## تصميم المباني لثلاثم الطقس

يُبنى الناس بيوتهم ليتلاءم مع المناخ. ففي أقصى الشمال، حيث المناخ مثلج دائمًا، تُشاد البيوت المؤقتة من قطع الثلج والجليد كأكواخ الإسكيمو المقلية. وفي المناخ الحار، تُجعل البيوت فسحة قليلة الجدران الداخلية بما يُسرّ دوران الهواء. وفي المناطق الموسمية تُشاد البيوت غالبًا مرفوعة على ركائز لتفادي غمر المياه. وفي المناخ الصحراوي، تُطلى المباني باللون الأبيض ليعكس حرارة الشمس. وفي الأماكن المثلجة شتاء تُجعل سُقوف البيوت شديدة الانحدار كي ينزلق الثلج عنها بسهولة.



بيت شديد  
أنحدار السقف  
في سويسرا.



بيت مطلي باللون  
الأبيض في مصر،  
إفريقية



بيت مرفوع على  
ركائز في الهند،  
آسيا



كوخ مقلية في  
الاشكاه بأمريكا  
الشمالية

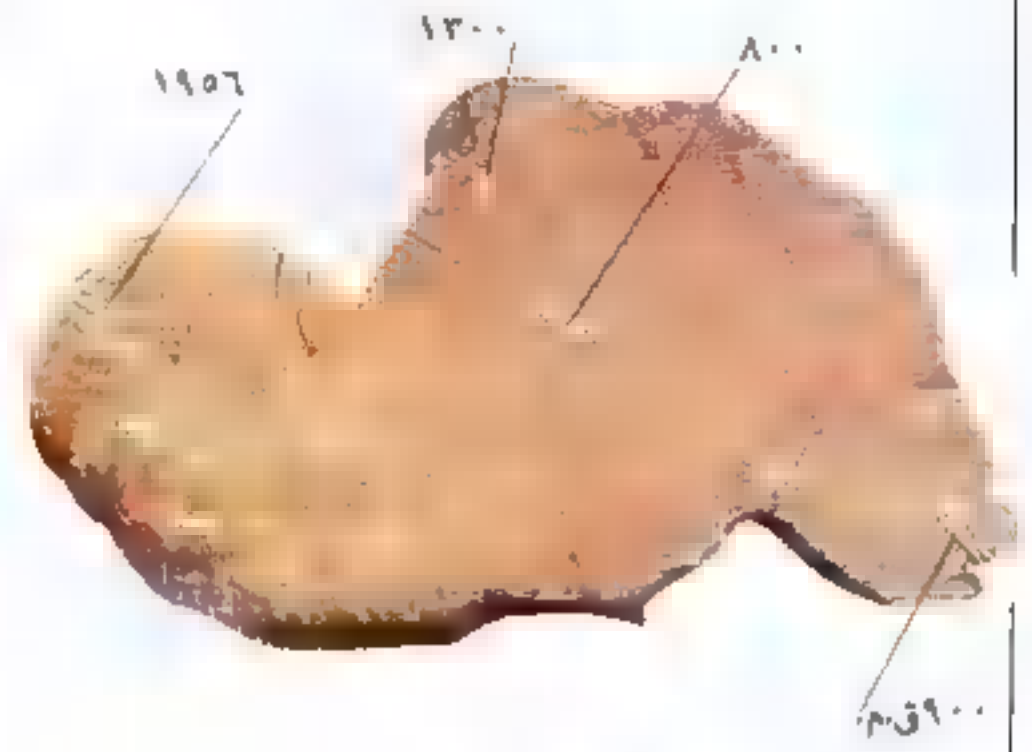
### لمزيد من المعلومات انظر

- إنتقال الحرارة ص ١٤٢
- الفصول ص ٢٤٣
- المناخات المتغيرة ص ٢٤٦
- درجات الحرارة ص ٢٥١
- الصحاري ص ٣٩٠
- مناطق القطبين والتندرا ص ٣٨٢
- الجبال ص ٣٨٤
- حقائق ومعلومات ص ٤١٦



# المناخات المتغيرة

مناخات العالم دائم التغير. في الماضي، كان العالم أحياناً أكثر سخونة مما هو عليه اليوم، وأحياناً أكثر برودة. فمُنذ أكثر من ٦٥ مليون سنة، أيام كانت الدينوصورات تجوب الأرض، لم يكن هنالك قلائس جليدية قطبية، وكانت النباتات المدارية تغطي ما هي اليوم مناطق معتدلة. وخلال بعض الأوقات في المليون سنة الماضية امتدت المثلج الضخمة والغطاءات الجليدية من مناطق القطبين لتغطي مساحات شاسعة من سطح الأرض. وقد نكون مقبلين مستقبلاً على عصر جليدي، أو ربّما مداري، جديد - لأن المناخات تتغير، لا طبيعياً فقط بل، بواسطة الأنشطة البشرية أيضاً.



## دراسة حلقات النمو في الشجر

يستطيع العلماء دراسة حلقات النمو في الخشب القديم لتقصي تغير المناخات، ولهذا ما يُعرف بعلم المناخ الشجري. فجدوع أشجار الصنوبر الكاليفورني الهلبي الكيزان تبين المناخات التي سادت منذ ٩١٠٠ سنة حتى اليوم - حلقة النمو السميكة تعني طقساً ملائماً لنمو الأشجار في تلك السنة، فيما تعني الحلقة الرقيقة طقساً بارداً جداً أو جافاً جداً.

## العصر الجليدي الكبير

يعتقد العلماء أننا نعيش اليوم في عصر دافئ بين عصرين جليديين. فخلال عصور جليدية سالفة امتدت الغطاءات الجليدية فوق أمريكا الشمالية وشمال غرب أوروبا وروسيا. ولعلها غطت جرينلاند والقارة القطبية الجنوبية معظم الوقت، لكن بأبعاد متفاوتة. ويُقدّر بعض علماء المناخ أن الأرض شهدت فترات دافئة فاصلة بين ١١ عصرًا جليدياً على الأقل خلال عصر جليدي كبير بدأ منذ ٣ ملايين سنة.



## العصر الجليدي الصغير

العالم كان أبرد مما هو عليه اليوم بشكل ملحوظ على مدى معظم الألف سنة الماضية. فقد شهد فترة باردة بين سنة ١٥٥٠ وسنة ١٨٠٠ عُرفت بالعصر الجليدي الصغير. وفي أسوأ فصول الشتاء الباردة في القرنين السابع عشر والثامن عشر، شمل التجمّد حتى نهر التيمز في لندن، فاقبحت معارض الشتاء فوق النهر المتجمّد. وحتى منذ عهد قريب، عام ١٨٩٥، تجمّد نهر التيمز جزئياً، كما تبين صورة جسر لندن أعلاه. ومُنذئذ، ارتفع مُعدّل درجة حرارة العالم بصفت درجة سيلسيوس (متوتة).

## الجليد الأقصى

العصر الجليدي الأخير كان في أوجِه مُنذ حوالي ١٨٠٠٠ سنة. فامتد الجليد من القطب الشمالي حتى البحيرات الكبرى، في أمريكا الشمالية، جنوباً، كما غطى معظم بريطانيا واسكتلندا. وكانت هنالك كتل جليدية أصغر في نصف الكرة الجنوبي.



## الغطاء الجليدي اليوم

يبدو لنا الغطاء الجليدي في وقتنا الحاضر عادياً بامتداده على مساحات صغيرة نسبياً لكن الأرض، على مدى تاريخها الطويل، قلما أحتوت هذا القدر منه.



## جيمس كروول

العالم البريطاني، جيمس كروول (١٨٢١-١٨٩٠) نشأ في بيرث باسكتلندا، وترك المدرسة في سن الثالثة عشرة، لكنه تابع دراساته بنفسه. ويُقدّر أن تقلّب في وظائف عديدة، عُيّن عام ١٨٥٩، قَيّماً للمُصحف الأندرسوني في غلاسكو، باسكتلندا؛ وفي عام ١٨٦٤، نشر نظرية مفادها أن



العصور الجليدية قد سببها التغيرات في ميلان محور الأرض وفي مدارها حول الشمس. كما لاحظ كروول أن هذه التغيرات، التي تعاقبت على دورات امتدت آلاف السنين، سببت تغيرات في تساوي الفصول، وهذا بدوره كان السبب في دفء الأرض أو برودتها.





## الْقَوَارِنُ الْبُرْكَانِيَّةُ

قد يَنْبُتُ قَوَارِنُ الْبُرْكَانِيَّةِ فِي تَغْيِيرِ الْمُنَاحِ؛ فَالْقَوَارِنُ الْمَقْدُودَةُ عَالِيًا يَفِي الْكَثِيرُ مِنْهُ فِي الْجَوِّ. عَامَ ١٩٩١، نَارُ بُرْكَانِ جَبَلِ بِيَنَاتُوبِ، فِي الْفِيلِيبِينِ، قَادَتْهَا شَحْبًا صَخْمَةً مِنَ الْمُلُوثَاتِ، فِي الْهَوَاءِ، انْتَشَرَتْ حَوْلَ الْعَالَمِ حَاجَةً حَرَارَةِ الشَّمْسِ، فَانْتَفَضَ مُعَدَّلُ دَرَجَةِ الْحَرَارَةِ فِي الْعَالَمِ بِضْفِ دَرَجَةِ سِلْسِيُوسٍ عَلَى مَدَى بَضْعَةِ شُهُورٍ.

٢ + س°

١ + س°

٣ + س°

٤ + ٥ س°

## تَزَايُدُ ثَانِي أُكْسِيدِ الْكَرْبُونِ

يَحْرِقُ النَّاسُ الْفُخْمَ وَالْقَطْرَ، وَيَتَمَرُّونَ الْغَابَاتِ الَّتِي تَمْتَصُّ أَشْجَارَهَا ثَانِي أُكْسِيدِ الْكَرْبُونِ. وَنَتِيجَةُ ذَلِكَ أَزْدَادَتْ كَمِيَّةُ ثَانِي أُكْسِيدِ الْكَرْبُونِ فِي الْهَوَاءِ بِنِسْبَةِ ٢٥ بَالْمِئَةِ مِنْذُ الْعَامِ ١٨٨٠.

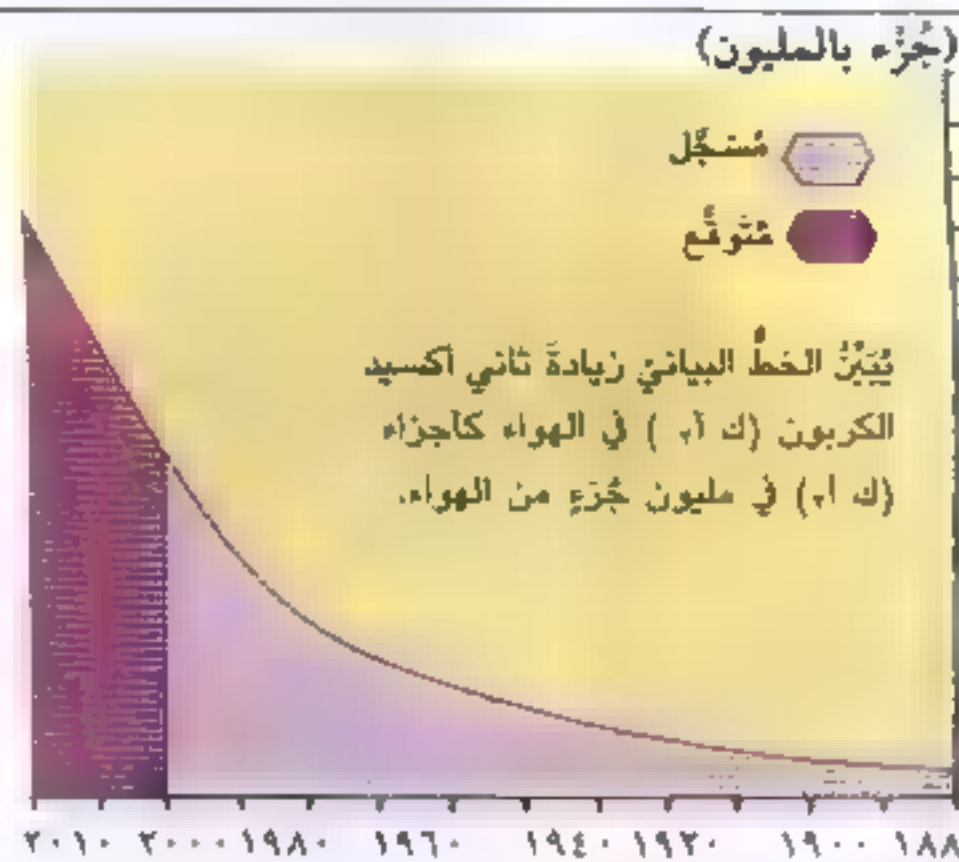
٢٨٠  
٢٧٠  
٢٦٠  
٢٥٠  
٢٤٠  
٢٣٠  
٢٢٠  
٢١٠  
٢٠٠  
٢٩٠

ك. أ. (جُزْءٌ بِالْمِليُونِ)

سُجِّلَ

مُتَوَقَّعٌ

يُبيِّنُ الْخَطُّ الْبَيَاضِي زِيَادَةَ ثَانِي أُكْسِيدِ الْكَرْبُونِ (ك. أ.) فِي الْهَوَاءِ كَأَجْزَاءِ (ك. أ.) فِي مِليُونِ جُزْءٍ مِنَ الْهَوَاءِ.



سنة

تَغْيِيرُ دَرَجَةِ الْحَرَارَةِ

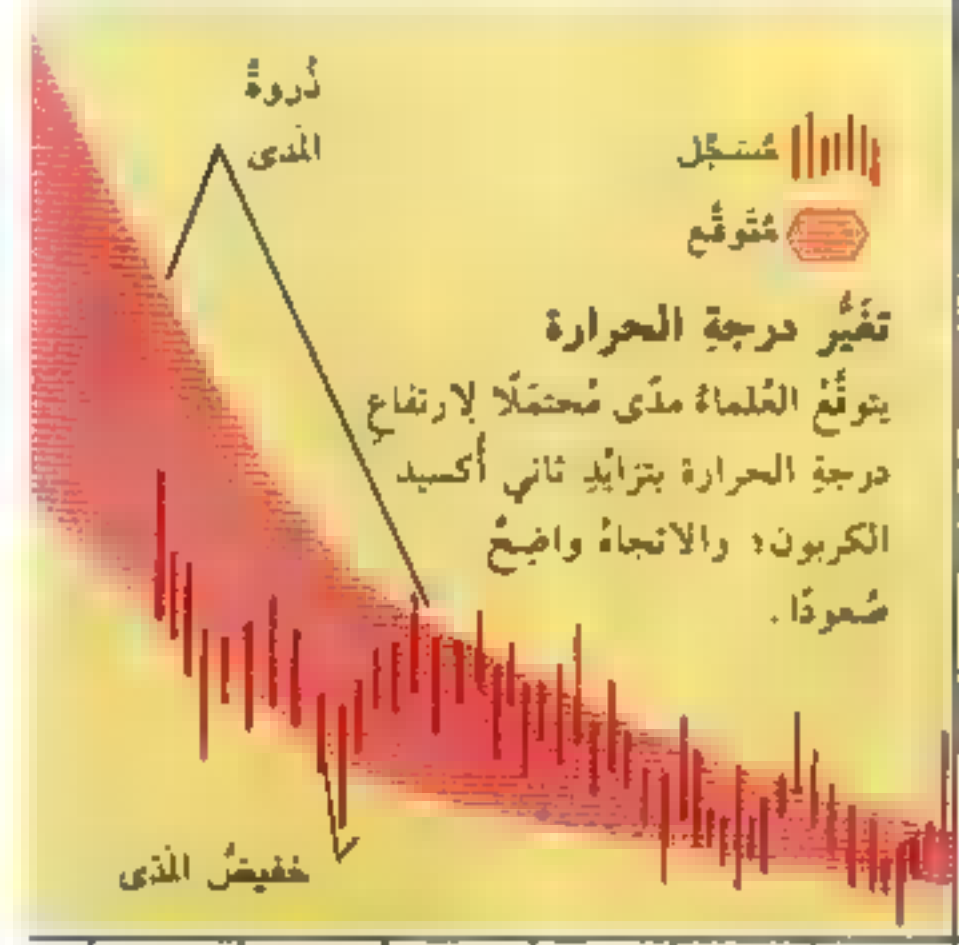
لا تَغْيِيرُ

١ + س°

٠,٥ + س°

## تَغْيِيرُ دَرَجَةِ الْحَرَارَةِ

يَتَوَقَّعُ الْعُلَمَاءُ مَدَى مُحْتَمَلًا لَارْتِفَاعِ دَرَجَةِ الْحَرَارَةِ بِتَزَايُدِ ثَانِي أُكْسِيدِ الْكَرْبُونِ، وَالْإِتِّجَاعِ وَاضِحٌ صُعُودًا.



سنة

تَغْيِيرُ مُسْتَوَى سَطْحِ الْبَحْرِ

١٦ + سم

١٢ + سم

٨ + سم

٤ + سم

٤ - سم

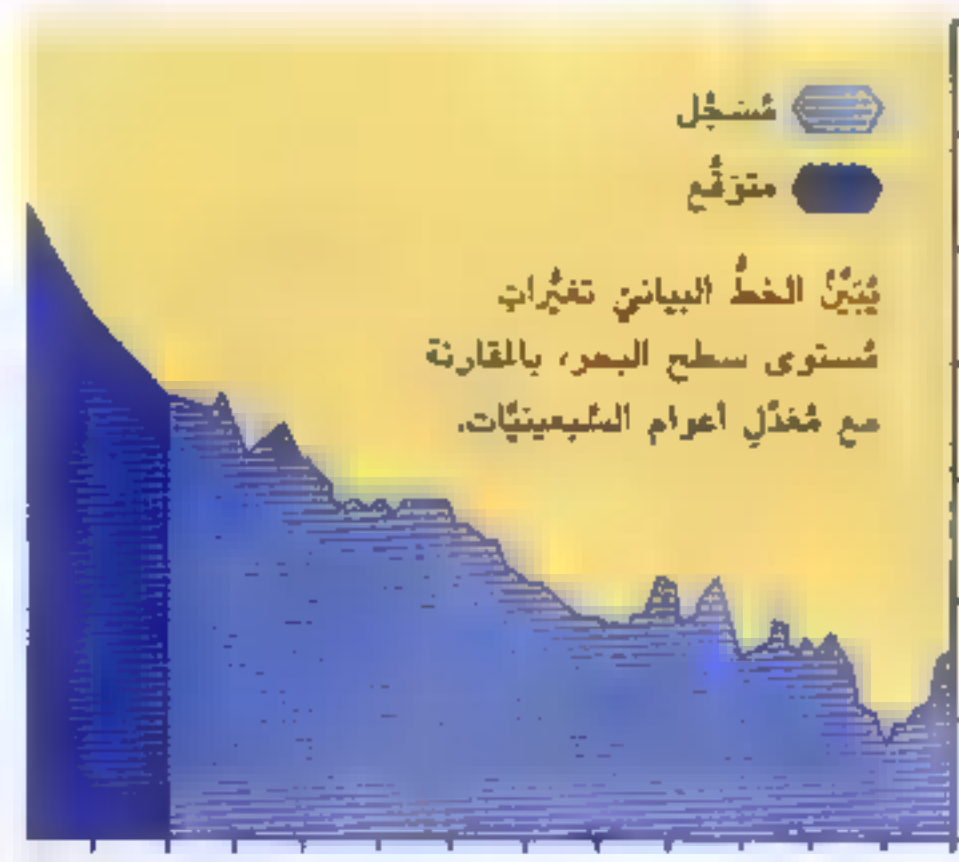
٨ - سم

١٢ - سم

سُجِّلَ

مُتَوَقَّعٌ

يُبيِّنُ الْخَطُّ الْبَيَاضِي تَغْيِيرَاتِ مُسْتَوَى سَطْحِ الْبَحْرِ، بِالمُقَارَنَةِ مَعَ مُغْدَلِ أَعْوَامِ السَّيِّمِيَّاتِ.



سنة

تَغْيِيرَاتُ مُسْتَوَى سَطْحِ الْبَحْرِ

يَتَوَافَقُ الْإِرْتِفَاعُ الْإِجْمَالِيُّ لِمُسْتَوَى سَطْحِ الْبَحْرِ مِنْذُ الْعَامِ ١٨٨٠ مَعَ ارْتِفَاعِ دَرَجَةِ الْحَرَارَةِ. وَهَذَا يَتَوَافَقُ تَمَامًا مَعَ مِقْدَارِ التَّمَدُّدِ الْمُتَوَقَّعِ فِي طَبَقَةِ الْمَحِيطَاتِ الْعَالِيَةِ فِيمَا لَوْ شَخَّضَتْ بِضْفِ دَرَجَةِ سِلْسِيُوسٍ.

خَطُّ السَّاحِلِ فِي فلوريدا حَالِيًا.

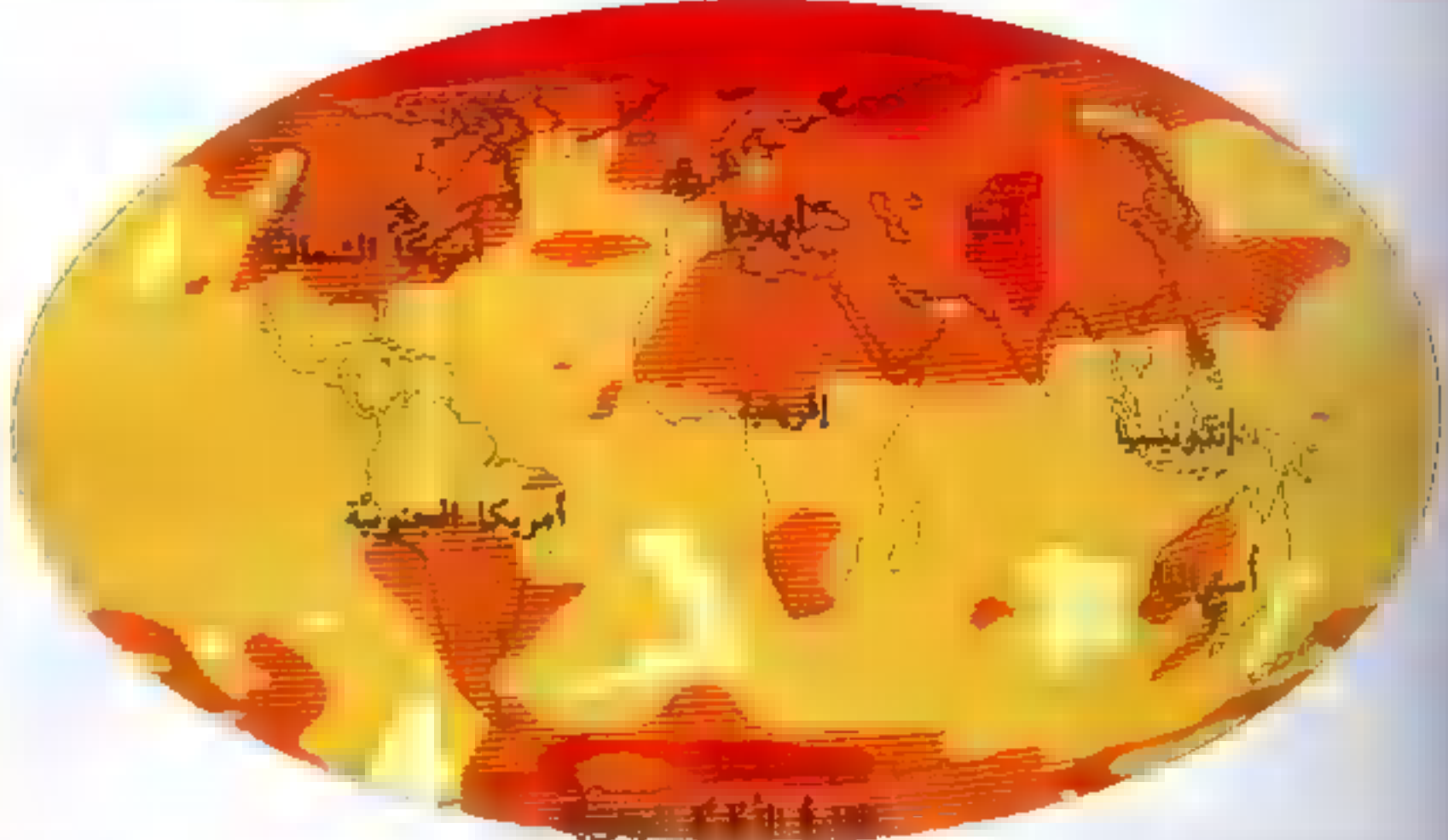
ارْتِفَاعُ ٣ م فِي مُسْتَوَى سَطْحِ الْبَحْرِ.

## أَرْضٌ تُغْمَرُ مُسْتَقْبَلًا

مَنَاطِقُ الْعَالَمِ الْخَفِيفَةُ سَيُغْمَرُهَا الدَّمَارُ الشَّامِلُ إِذَا مَا أَسْتَمَرَ الْحُمُومُ الْعَالَمِيُّ وَارْتِفَاعُ مُسْتَوَى سَطْحِ الْبَحْرِ. وَيُبيِّنُ التَّوَقُّعُ الْحَاسُوبِيُّ الْمُقَابِلُ تَأْثِيرَ ارْتِفَاعِ ٣ م فِي مُسْتَوَى سَطْحِ الْبَحْرِ عَلَى فلوريدا، بِالْوَلَايَاتِ الْمُتَّحِدَةِ. وَيُمْكِنُ حَدُوثُ ذَلِكَ خِلَالِ الْمِئَةِ السَّنَةِ الْقَادِمَةِ.

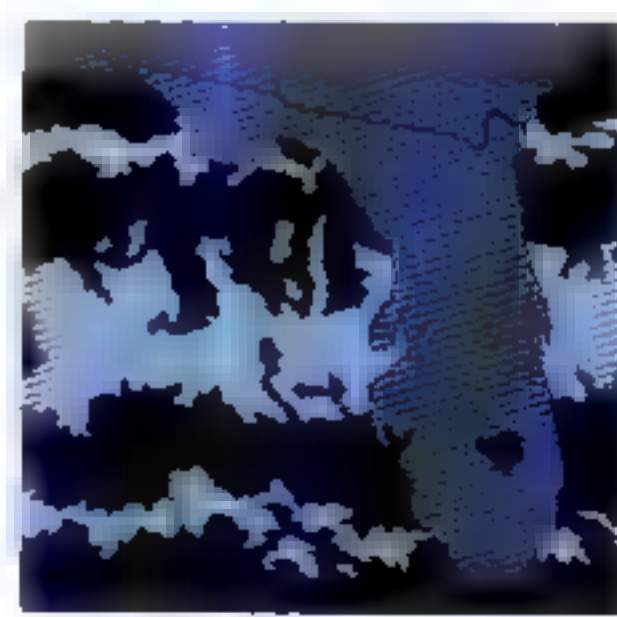
## لِمَزِيدٍ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ انْظُرْ

- تَكُونُ الْأَرْضُ مِنْ ٢١٠ الْبُرَاكِينِ مِنْ ٢١٦
- الْجَلِيدُ وَالْمَتَالِجُ مِنْ ٢٢٨
- الْتَّمُّ وَمَرَايِلُهُ مِنْ ٣٦٢
- دَوَارَتْ فِي الْفِلَافِ الْخَيَوِيِّ مِنْ ٣٧٢



## الْحُمُومُ الْعَالَمِيَّةُ

هُنَاكَ أَسْبَابٌ طَبِيعِيَّةٌ لِتَسَخُّنِ جَوِّ الْأَرْضِ، لَكِنِ النَّاسُ أَيْضًا يُسَهِّمُونَ فِي الْحُمُومِ الْعَالَمِيِّ بِقَرْبِ إِنتَاجِهِمْ ثَانِي أُكْسِيدِ الْكَرْبُونِ وَغَازَاتٍ أُخْرَى تُعْرَفُ بِغَازَاتِ الدَّفِيقَاتِ. هَذِهِ الْغَازَاتُ تُخَبِّسُ الْحَرَارَةَ، وَتَمْنَعُهَا مِنْ أَنْ تَسْرُبَ إِلَى الْفَضَاءِ، فَهِيَ بِذَلِكَ تَعَزُّزُ ظَاهِرَةُ الدَّفِيقَاتِ. وَإِذَا لَمْ يُكْبَحْ ائْتِدَاقُ ثَانِي أُكْسِيدِ الْكَرْبُونِ وَغَازَاتِ الدَّفِيقَاتِ الْآخَرَى فِي الْجَوِّ فَسَيَسَخَّنُ الْعَالَمُ بِسُرْعَةٍ. وَيُبيِّنُ التَّوَقُّعُ الْحَاسُوبِيُّ الْمُقَابِلُ زِيَادَةَ دَرَجَاتِ الْحَرَارَةِ عَامَ ٢٠١٠، بِالمُقَارَنَةِ مَعَ دَرَجَاتِ الْحَرَارَةِ عَامَ ١٩٥٠.



## شَوَاهِدُ الْمُنَاحَاتِ الْغَابِرَةِ

يُحْيِي الْمُنَاحُ الْغَائِرُ فِي هَذِهِ الْجِدَارِيَّةِ الْكَهْفِيَّةِ الْقَدِيمَةِ الَّتِي تَظْهَرُ مَوَاشِي تَرَعَى فِي الْهَضْبَةِ الْجَزَائِرِيَّةِ بِأَفْرِيْقِيَّةِ. وَهَذِهِ الْمِنْطَقَةُ صَحْرَاوِيَّةٌ حَالِيًا. وَعَمَلِيَّةُ التَّضَحُّرِ هِيَ فِي قِسْمٍ مِنْهَا نَتِيجَةُ طَبِيعِيَّةٍ لِتَغْيِيرِ الْمُنَاحِ، كَمَا إِنَّ لِنَاشِطَةِ الْبَشَرِيَّةِ دَوْرًا فِيهَا أَيْضًا.

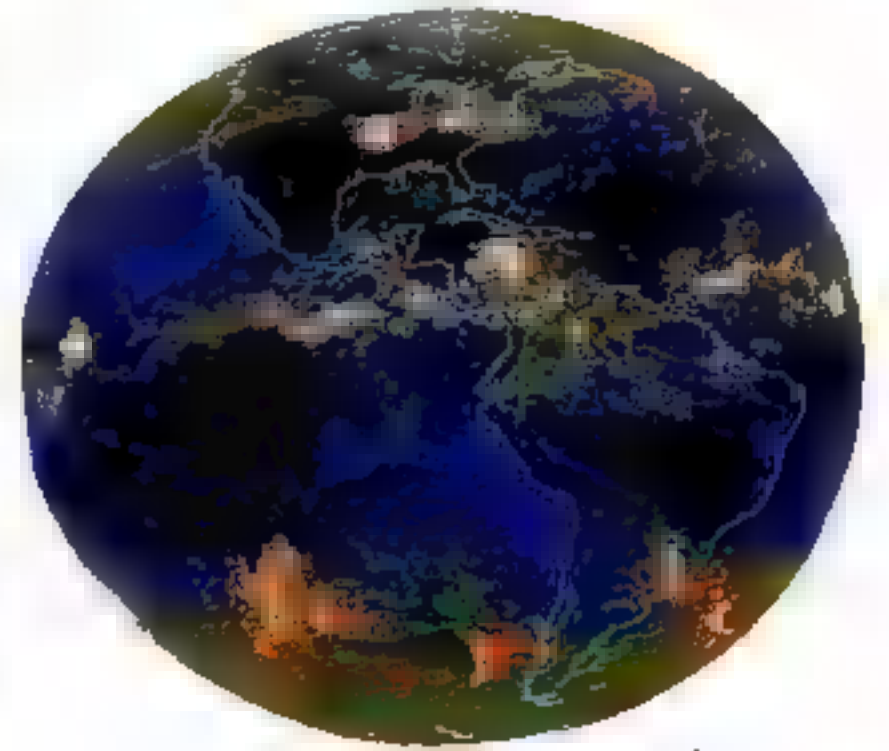


# الجوّ

الحياة على كوكب الأرض ما كانت ممكنة بدون الجوّ، فهو الغلاف الغازي الذي يقيها شعّ الشمس ويوفر ظروف الحياة الملائمة ليعيش الحيوان والنبات. الكواكب الأخرى لها أجواء أيضا لكنها مختلفة جدًا. فجوّ الزهرة كثيف ثقيل يزيد ضغطه مئة مرة عن الضغط الجوي على الأرض. وتلّف جوّ الزهرة سحب كثيفة تزيد من قدرته على احتباس حرارة الشمس فتصل درجة الحرارة إلى  $480^{\circ}\text{C}$ ، مما يجعل تواجّد الماء في حالة السيولة معدومًا.

بالمقارنة، فإنّ جوّ المريخ رقيق (ضغطه جزء في المئة من الضغط الجوي على الأرض) فلا يعمّق شعّ الحرارة التي تصله، على قليلها، بسبب بُعد الكوكب، فتهدّط درجة الحرارة إلى  $-120^{\circ}\text{C}$ ، مما يستحيل معه تواجّد الماء سائلًا. وهكذا يلاحظ أنّ الظروف المتوافرة في

جوّ الأرض، وهي وسط بين الظروف على المريخ وعلى الزهرة، هي الظروف المثالية للحياة كما نعرفها.



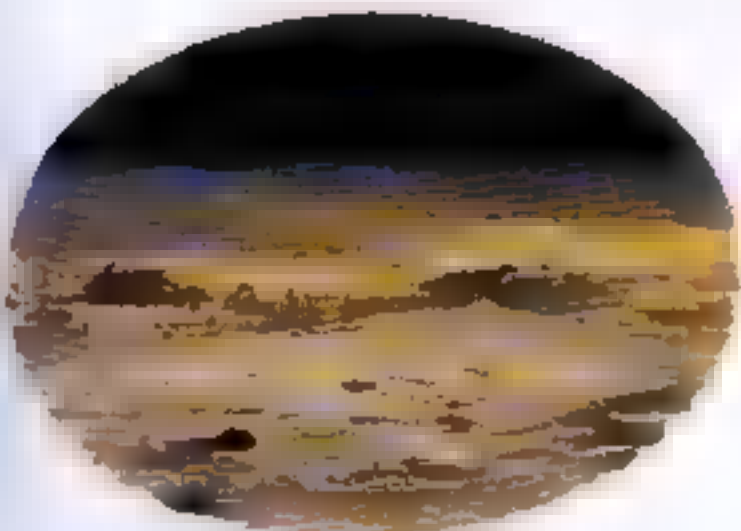
## تصوير الأرض من الفضاء

تستطيع السواتل الفضائية أليفاظ صور للأرض بثلاثة أطوال موجية مختلفة في الوقت نفسه، فالصور بالأشعة دون الحمراء تبين تغيرات درجة الحرارة - بالأصفر والأخضر والأحمر والأبيض، من الحار إلى البارد. وتبين الصور العادية الباردة والبحار، كما تبين صور أخرى كمية بخار الماء في الهواء.

الغلاف الجوي الخارجي  
(الإكسوسفير)

## طبقات الجوّ

يتألّف الجوّ من خمس طبقات رئيسية هي: الغلاف السفلي (التروبوسفير)، والغلاف الطبقي (الستراتوسفير)، والغلاف المتوسط (الميزوسفير) والغلاف الحراري (الثيرموسفير)، والغلاف الخارجي (الإكسوسفير). ويخفّ الهواء بالارتفاع، لذا يتزوّد متسلقو الجبال العالية بالأكسجين للتنفّس. فالغلاف الجوي السفلي هو الطبقة الوحيدة التي نستطيع الكائنات الحيّة التنفّس فيها طبيعيًا.



## نطاق حوّل الأرض

هذه الصورة المنقطة من الفضاء عند غروب الشمس، تبين نطق الهواء المتباينة الارتفاع (والمختلفة الكثافة)، كما تبين ضيق نطاق الغلاف الجوي بمختلف أقسامه نسبيًا.

الثيرموسفير

الميزوسفير

الستراتوسفير

طبقة الأوزون

التروبوسفير

## الستراتوسفير

يمتد الستراتوسفير إلى ارتفاع يقارب  $50\text{ كم}$  فوق سطح الأرض. وتتراوح درجة الحرارة في هذه الطبقة من حوالي  $-60^{\circ}\text{C}$  في أسفلها إلى ما فوق درجة التجمّد بقليل في قسيمها العلوي. ويشتمل الستراتوسفير على طبقة من غاز الأوزون تمتص الأشعة فوق البنفسجية المؤذية من شعّ الشمس. ويغفل التلوث المتزايد أحدث تظهر تقرب في طبقة الأوزون هذه.

## التروبوسفير

الظروف والأحوال الجوية تحدث في طبقة الغلاف السفلي المعروفة بالتروبوسفير. وتمتد هذه الطبقة ارتفاعًا حتى  $20\text{ كم}$  فوق سطح الأرض عند خط الاستواء، وحوالي  $10\text{ كم}$  عند القطبين. وترتفع فيها  $1/4$  كتلة الغلاف الجوي كلّ.

## الإكسوسفير

ترتفع طبقة الغلاف الجوي الخارجي قرابة  $900\text{ كم}$  فوق سطح الأرض. والهواء فيها رقيق قليل الكثافة جدًا، وتشتبّر جزيئات الغاز منه بالإفلات نحو الفضاء الخارجي.

## الثيرموسفير

يرتفع أعلى الثيرموسفير حوالي  $450\text{ كم}$  فوق سطح الأرض. وهذه الطبقة هي الأشد حرارة، لأن جزيئات الهواء القليلة فيها تمتص الإشعاع الوارد من الشمس، فتبلغ درجة الحرارة في أعلاها  $2000^{\circ}\text{C}$ .

## الميزوسفير

يرتفع أعلى الميزوسفير قرابة  $80\text{ كم}$  فوق سطح الأرض. وتهدّط درجة الحرارة في الميزوسفير إلى ما دون  $-100^{\circ}\text{C}$  وهي أسخن في قسيمها السفلي لأنه يكتسب حرارة من الستراتوسفير أدناه.

## ارتفاع الغلاف الجوي

يمتد الغلاف الجوي ضفدًا فوق سمّت الرأس حوالي  $1000\text{ كم}$ . وقد يبدو ذلك كثيرًا للمؤخلة الأولى، لكنه ليس كذلك بالمقارنة حتى مع المسافات على سطح الأرض. فالمعطلق في سيارة سباق يقطع مثل هذه المسافة في بضعة ساعات؛ وفي مثل هذا الوقت تستطيع أنت المشي مسافة أكثر من ارتفاع التروبوسفير.

1000 كم





## طبقة الطقس

يسمى الغلاف الجوي (التروبوسفير) أحياناً طبقة الطقس. فهو الطبقة التي يحدث فيها الحمل الحراري - حيث يرتفع الهواء الساخن ويهبط الهواء البارد ليحل محله. كما تتكون السحب في هذه الطبقة أيضاً، حاملة معها الأمطار والثلوج. وتحتبس السحب في التروبوسفير لأن الغلاف الطبقي (الستراتوسفير) فوقه أسخن، فيشكل غطاء له. أما درجة حرارة التروبوسفير فتتغير من معدل ١٥°س في أسفله (سطح الأرض) إلى - ٦٠°س في أعلاه المسمى التروپوبوز (منطقة الركود).



## جيمس جليشر

كان المتطادي الإنكليزي، جيمس جليشر (١٨٠٩-١٩٠٣) من المهتمين بدراسة الجو أيضاً. وقد صعد بصحية هنري كوكسويل في متطاد إلى أعالي التروبوسفير فأكشفا تناقص درجة الحرارة بالارتفاع -

درجة لكل ارتفاع ١٥٠ م. وفي إحدى ظلماته المتطادية أعين على جليشر لأنه لم يكن مزوداً بجهاز أكسجين للتنفس ولا ببرة مكيفة. وفي العام ١٨٤٨، بدأ جليشر يعد النشرة الجوية لجريدة «الديلي نيوز» اللندنية للمرة الأولى في أوروبا، كما أعد أيضاً بعض جداول الطقس اليومية الأولى.



### السحب المنيرة

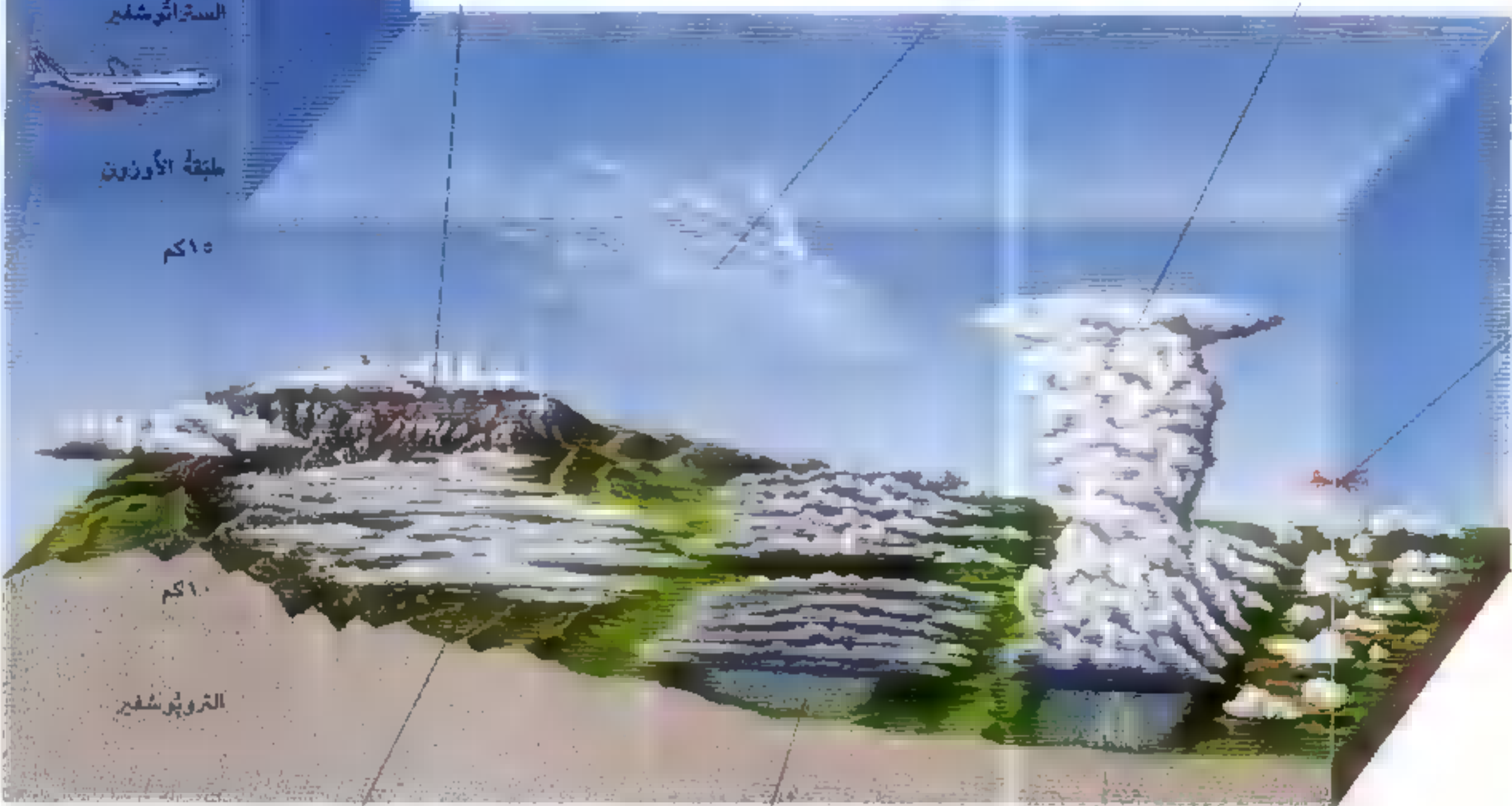
بالعواصف قد تعلو إلى قرابة ١٥٠٠٠ م.

السمحاقية هي أعلى السحب ارتفاعاً إذ تتكون في أعلى التروبوسفير.

يرتفع الهواء أثناء عبوره الجبال، وهذا غالباً ما يجتلي الطقس مختلفاً على جانبيها.

الطيران غير التروبوسفير قد يكون كثير المطبات بفعل الهواء المتحرك.

تتكون سحب صغيرة بيضاء متفرقة عندما ترتفع كتل هوائية من الهواء الدافئ فتبرد.



البرق يسببه تراكم الكهرباء الساكنة في السحب التي تراقب العواصف.

الهواء مشبع بخار الماء الذي يتكثف قطرات مائية في بعض السحب وينشطر مطراً.

جميع السحب تقريباً تتكون في القشرة أو الإثني عشر كيلومتراً السفلى من الجو.

## تلوث الهواء

سبب انبعاث الشمس المشعة غير هذه النافذة في كاتدرائية القديس بطرس في روما، بإيطاليا، أن الهواء يزخر بجسيمات الغبار والأوساخ التي لا تشاهد في معظم الأوقات. ولو تعلقت بتدليلاً أبيض نظيفاً خارج نافذتك في يوم غائم هادئ جاف ثم تنفخه بعد عدة ساعات، ستجد أن التدليل قد اتسخ بتعليقه خارجاً - بخاضة إذا كنت في مدينة صناعية. فلحان المصانع وأذينة البارات تلوث الجو وأحياناً تحتبس بعض الملوثات في الطبقة المتاخمة للأرض فتسبب للناس مشاكل في التنفس والتهابات في العيون.



### لمزيد من المعلومات انظر

- كيمياء الهواء ص ٧٤
- انتقال الحرارة ص ١٤٢
- السحب ص ٢٦٠
- تكون السحب ص ٢٦٢
- التنبؤ بالأحوال الجوية ص ٢٧٠
- عطارد والزهرة ص ٢٨٦
- المريخ ص ٢٨٩
- دورات في الغلاف الجوي ص ٣٧٢
- النسب وكوكبهم ص ٣٧٤



# ضَغْطُ الهَوَاءِ

يُحِيطُ بنا الهواء من كُلِّ جانب وقد نُحِسُّ به ولكننا لا نراه. ضَغْطُ الهواء (أو الضَغْطُ الجَوِّي) هو القُوَّةُ التي يَضْغُطُّ بها وَزْنُ الهواء على سَطْحِ الأرض بفعلِ الجاذبيَّة. إنَّكَ لا تَشْعُرُ بهذا الضَغْطِ لأنَّ في داخلِ جَسْمِكَ ضَغْطًا مُساوِيًا مُضادًّا. في مُستوى سَطْحِ الأرض، يكونُ ضَغْطُ الهواءِ على أشَدِّه بفعلِ وَزْنِ الهواءِ الفَوْقِي الضَّاعِطِ إلى أسفل، لكنَّه يَتَنَاقَضُ بالارتفاع بسببِ قِلَّةِ الهواءِ الضَّاعِطِ حينئِذٍ. ويُلَاحَظُ أنَّ سَلْقَ اليَبيصِ في الارتفاعاتِ العاليةِ يَحْتَاجُ إلى فترةِ غَلِيانٍ أطولَ لأنَّ الضَغْطَ الخَفِيفَ يجعلُ الماءَ يَغْلِي على درجةِ حرارةٍ أخْفَضَ من ١٠٠°س. كذلك فإنَّ مقاصيرَ الطائراتِ المُحَلِّقَةِ عاليًا في الجَوِّ مُكَيِّفَةُ الضَغْطِ بحيثُ يَتَوَافَرُ فيها ما يكفي من الهواءِ لِلتَنَفُّسِ.



خرائطُ الضَغْطِ

يُقاسُ الضَغْطُ باليُلبِّي بار (ملب).  
على خرائطِ الطَّقسِ تُوضَلُ جميعُ  
مَنَاطِقِ الضَغْطِ المُساوي  
بِشَّحْنِ يَسْمَى خُطَّ نَسَاوي  
الضَغْطِ (إيسوبار)، وبذلك يُمكنُ بسهولة  
تمييزُ مناطقِ الضَغْطِ العاليِ والخَفِيفِ.



## الضَغْطُ العَالِيَّ وَالخَفِيفُ

يخْتَلِفُ ضَغْطُ الهواءِ بَيْنَ مَكَانٍ وَآخَرَ. فإذا كانَ الهواءُ بارِقًا كَثِيفًا يَزْدَادُ ضَغْطُهُ على سَطْحِ الأرض. ولَمَّا كانَ تَراصُّمُ الهواءِ يَرْفَعُ من درجةِ حرارته فإنَّه يُرافِقُ ذلك طَقْسٌ جَيِّدٌ. في المَقَابِلِ، فإنَّ الهواءَ إذا سَخُنَ تَقَلَّ كَثافتُه فَيَرتَفِعُ ويَقَلُّ ضَغْطُهُ على سَطْحِ الأرض. والهواءُ السَّاخِنُ أيضًا قد يُبْخِرُ ماءً من البَحَارِ ويَحْمِلُهُ إلى الجَوِّ مُكوِّنًا سَحَابًا. ولذا فإنَّ الضَغْطَ الخَفِيفَ قد يَجْلِبُ المَطَرَ.

## البارومترات

يُقاسُ ضَغْطُ الهواءِ بالبارومتر.  
والبارومتر المَعْدِنِيّ، أَشْبَهُ بِسَاعَةِ  
مَكْتَبٍ؛ وهو يحوي عُلْبَةً مَعْدِنِيَّةً  
مَسِيكَةً مُفَرَّغَةً من الهواءِ يُتَصَلُّ  
بِهَا مُؤَشِّرٌ. عندما يَرتَفِعُ ضَغْطُ  
الهواءِ، تَنضَبُظُ العُلْبَةُ إلى  
الداخلِ فيَتَحَرِّكُ  
المُؤَشِّرُ، مُبَيِّنًا التَغْيِيرَ.  
على مَدَالَةِ القِياسِ المُدْرَجَةِ.  
وَيُسْتَدَلُّ بِتَغْيِيرِ ضَغْطِ الهواءِ  
على أَحْوالِ الطَّقسِ المُتَوَقَّعةِ.



الضَغْطُ مُبَيَّنٌ بِالْيُلبِّي بار  
وبالكيلوغرام على السنتيمتر المُرَبَّع.

## الضَغْطُ وَالإِرْتِفَاعُ

يَتَنَاقَضُ الضَغْطُ الجَوِّيُّ  
وَأَنْتَ تَسَلِّقُ جَبَلًا. وَتَبَيَّنُ  
ذلك هُنَا بِقِياسِ الضَغْطِ  
المِيعَارِيِّ في كُلِّ من مَدِينَتِي  
كُونِيسِيون وَلَآبَاز في جِبَالِ  
الْإِنْدِيز، بِبُولِيغِيَا.



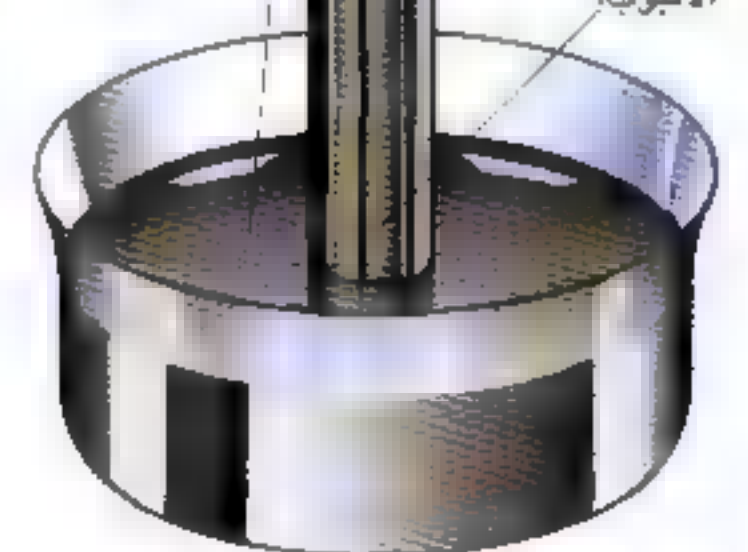
في لَآبَاز على أَرْتِفَاعِ ٣٦٥٨ م  
الضَغْطُ المِيعَارِيُّ ٦٩٠ ملب.

في كُونِيسِيون  
على غَلَوِّ ٤٩٠ م،  
الضَغْطُ المِيعَارِيُّ  
١٠١٣ ملب.



في مُنْخَفِضِ جَوِّي  
(مَنَاطِقُ ضَغْطِ  
خَفِيفٍ) يَرتَفِعُ  
الهواءُ فيَتَكثَّفُ  
بُخَارُهُ سَحَابًا.

الرُّبُوبُ سَامٌ



## تَغْيِيرُ الضَغْطِ

الأنبوبُ الزجاجيُّ القَانَمُ في طَبَقِ مَكشُوفٍ من  
الرُّبُوبِ وسيلةٌ بَسِيطَةٌ لِمُشَاهَدَةِ تَغْيِيرَاتِ الضَغْطِ.  
فَتَغْيِيرَاتِ الضَغْطِ أَرْتِفَاعًا أو أَنْخِفَاضًا يَتَغَيَّرُ  
مُسْتَوَى الرُّبُوبِ داخلَ الأنبوبِ.

السنتيمتر الواحد =  
١٣,٣٣ يُولِّي بار

يَضْغُطُّ الهواءُ  
سُفْلًا على الرُّبُوبِ  
فَيَرفِئُهُ في  
الأنبوبِ.

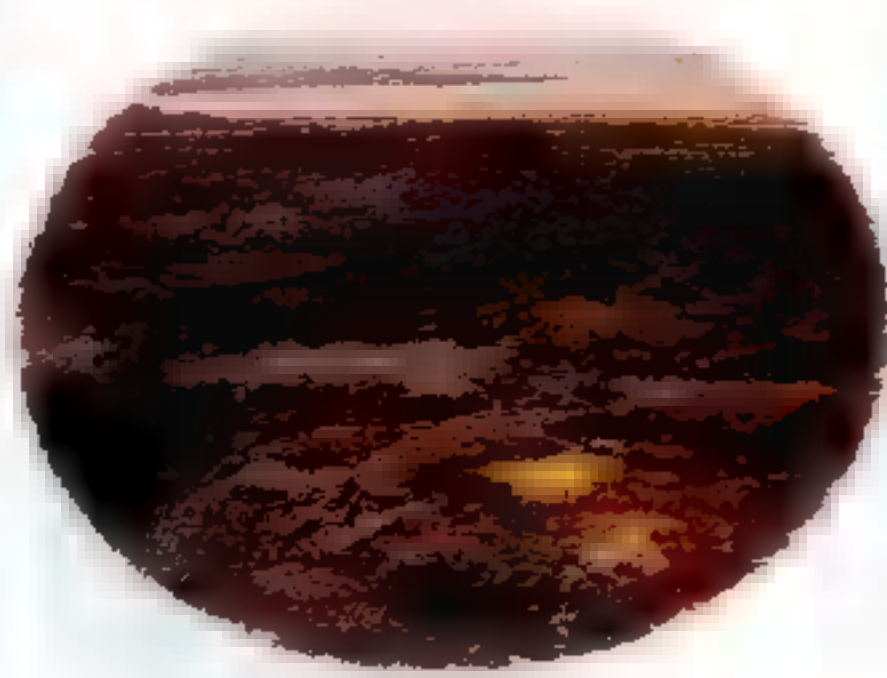
## لَمزيد من المَعلومَاتِ انْظُرْ

- الجاذبيَّة ص ١٢٢
- الضَغْطُ ص ١٢٧
- الجَوِّ ص ٢٤٨
- الجِبَاهَاتُ المُناخِيَّةُ ص ٢٥٣
- تَكُونُ السَّحَابِ ص ٢٦٢
- التَنَبُّؤُ بِالْأَحْوالِ الجَوِّيَّةِ ص ٢٧٠



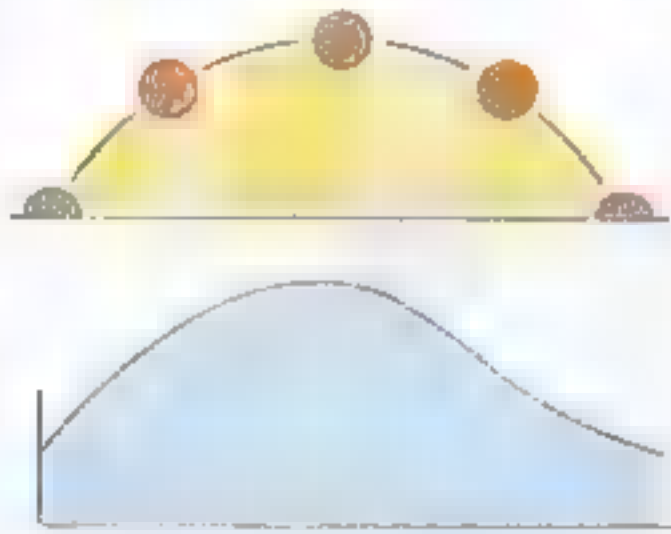
# درجات الحرارة

تختلف مناطق الأرض بين حارة وباردة. فمثلاً يبلغ مُعدّل درجات الحرارة ٣٤°س في دلتا النيل بالحيشة؛ فيما يبلغ - ٥٦°س في مركز پلاتو للأبحاث بالقارة القطبية الجنوبية. وتبلغ درجات الحرارة دائماً حدّها الأقصى في مناطق خط الاستواء، بخاصة حيث تنعدم السحب فتصل حرارة الشمس إلى الأرض دون عائق. بينما تبلغ حدّها الأدنى في المناطق البعيدة عن خط الاستواء، وأيضاً حيث تنعدم السحب فتقلت الحرارة بسهولة إلى الفضاء. وتعتمد درجة الحرارة أيضاً عكسياً على بياض الموقع، وهو مُعدّل ما يعكسه سطحه من شع الشمس الواقع عليه. فمناطق الثلج والجليد العالية البياض تعكس الإشعاع الشمسي إلى الفضاء، فتبقى درجات حرارتها خفيفة؛ فيما تمتص الأراضي الجرداء والغابات مزيداً من الإشعاع فتبقى دفيئة حارة.



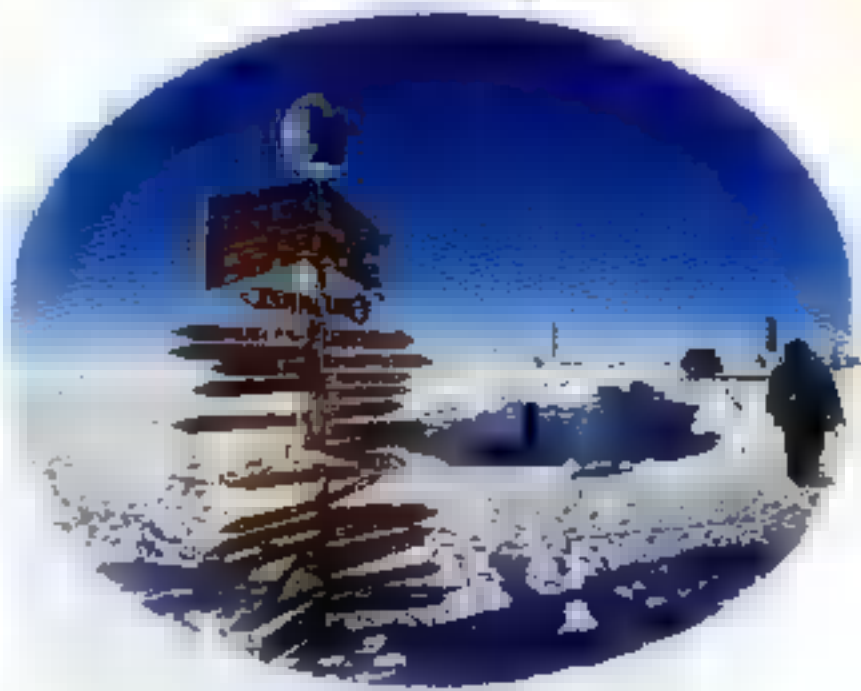
## درجة الحرارة الأعلى

أعلى درجة حرارة سُجلت حتى اليوم كانت في الغريزية، بليبيا على مقرية من الصحراء الكبرى، وبلغت ٥٨°س في الظل.



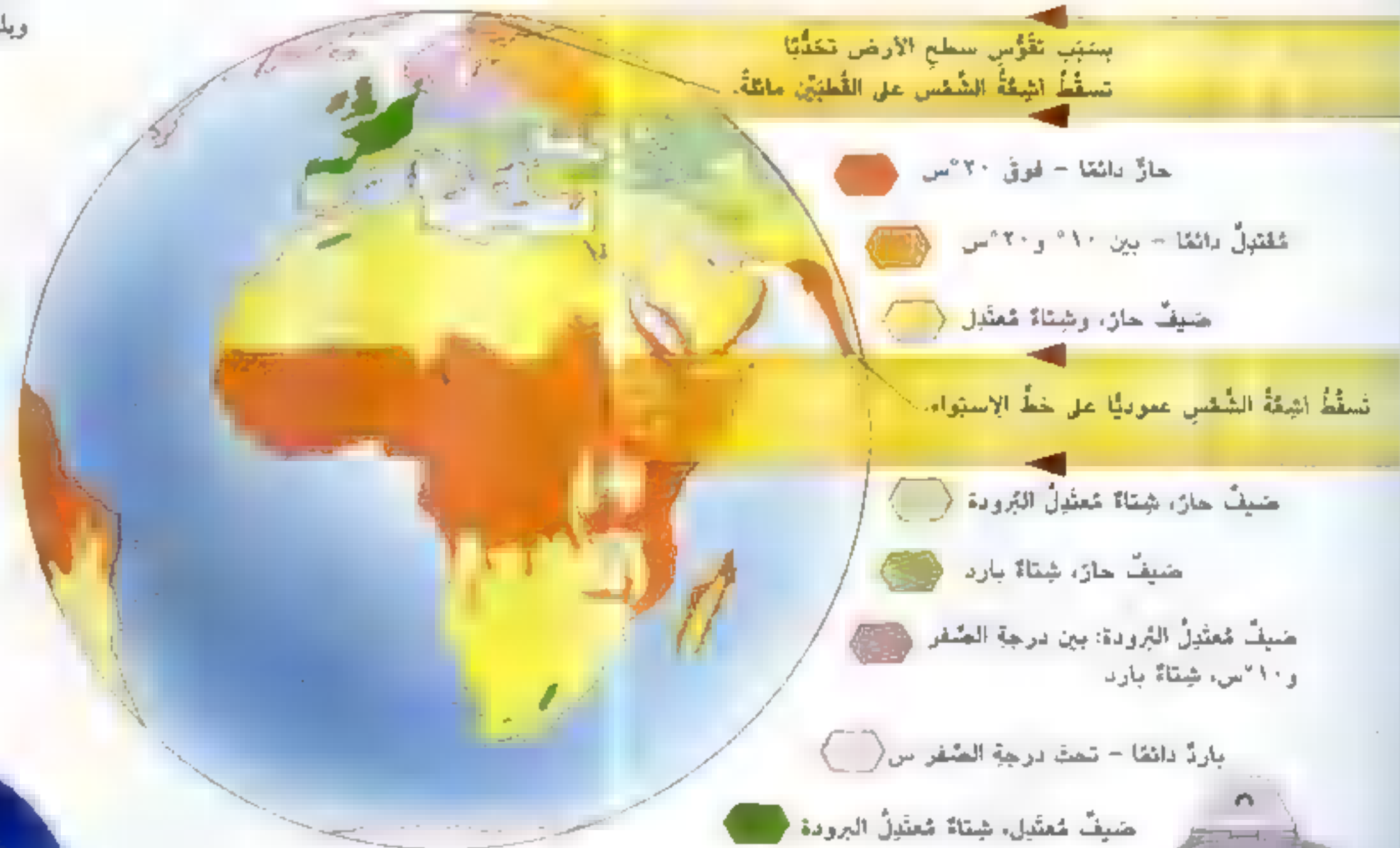
## تغيرات درجات الحرارة

تتغير درجات الحرارة خلال ساعات اليوم الأربع والعشرين، فتكون خفيفة ليلاً وعالية نهاراً. وفي المناطق الواقعة بين خط الاستواء والقطبين قد يتلغ مدى التغير اليومي في درجات الحرارة ١٠°س.



## أبرد مكان على الأرض

أثنى ما سُجل من درجات الحرارة على سطح الأرض كان في مركز فوستوك بالقارة القطبية الجنوبية، حيث بلغت - ٨٩°س في تموز (يوليو) عام ١٩٨٣، وهي أبرد بكثير من درجة حرارة السحجات في بيوتنا.



## تلقى حرارة الشمس

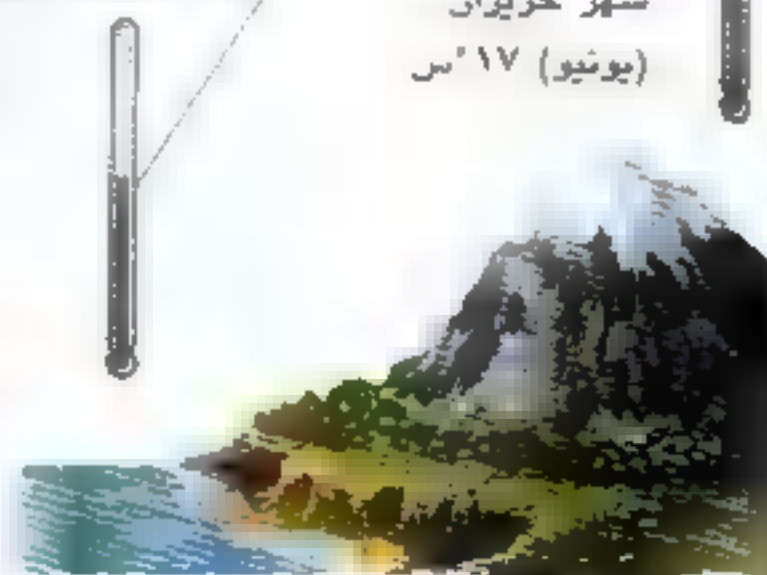
تختلف درجات الحرارة حول العالم نتيجة لطريقة سقوط أشعة الشمس على السطح. ففي مناطق خط الاستواء تسقط أشعة الشمس عمودياً على سطح الأرض - فتكون تلك المناطق حارة عادة. أما في مناطق القطبين، فتسقط أشعة الشمس على الأرض مُسطحة الميل فتشتت حرارتها.

في لانيار، على غلّو  
٣٦٥٨°م، تبلغ  
درجة الحرارة في  
شهر حزيران  
(يونيو) ١٧°س

في كونسبسيون، على غلّو  
٤٩٠°م، تبلغ درجة الحرارة في  
شهر حزيران (يونيو) ٢٧°س.

## درجات حرارة الهواء

تسخن الأرض بشع الشمس الساقط عليها؛ لكن الهواء يسخن بالحرارة الصاعدة من سطح الأرض. لذا تكون قمة الجبل دائماً أبرد من قاعدته - كما يتبين من مُعدّلي درجات الحرارة في شهر حزيران في لانيار وكونسبسيون، ببوليفيا.



يُحرك السائل  
الصاعد في كل  
أنبوب مؤشراً يقي  
على درجة الحرارة  
القُصوى أو الدنيا  
التي يصل إليها.



## موازين الحرارة (الترمومترات)

يجب أن تُقاس درجة الحرارة دائماً في الظل. فتتغير درجة الحرارة اليومية يمكن قياسه بمقياس نهايتي الحرارة العظمى والصغرى، الذي يُبين درجتَي الحرارة القُصوى والدنيا لذلك اليوم.

## لمزيد من المعلومات انظر

- إنتقال الحرارة ص ١٤٢
- الفصول ص ٢٤٣
- المناخ ص ٢٤٤
- مُعدّل الطقس ص ٢٧٧
- مناطق المُطبتين والتندرا ص ٣٨٢
- الصحاري ص ٣٩٠
- حقائق ومعلومات ص ٤١٦

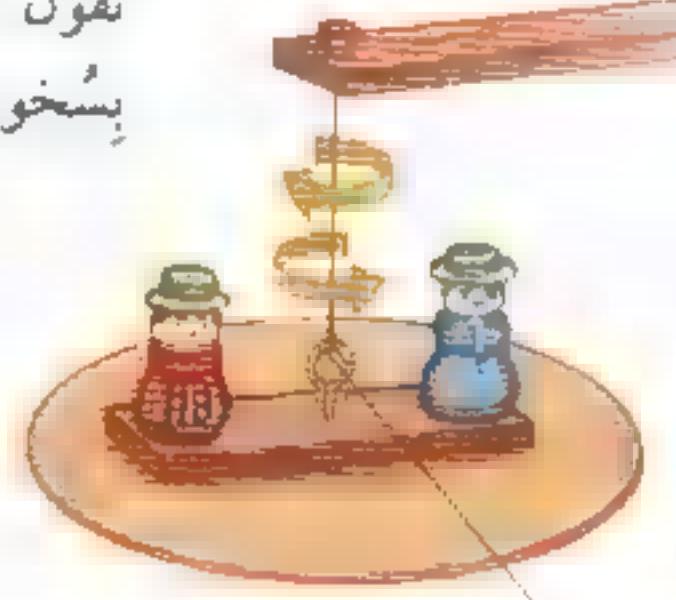


# الرطوبة

نقول إنَّ الطقسَ رطب عندما يخوي الهواءُ وفرةً من بخار الماء؛ وتزدادُ بسُخونةِ الهواءِ قدرتهُ على حَمْلِ الرطوبة. ومتى عجزَ الهواءُ عن حَمْلِ المزيدِ من بخار الماء، تكونُ نسبةُ الرطوبة فيه عندئذٍ ١٠٠ بالمئة؛ فيأخذُ البخارُ بالتكاثفِ مُكوِّناً السُّحبَ والضبابَ والمطرَ.

يَجُودُ نموُّ النباتِ في أجواءِ الرطوبة العالية، لكنَّ هذه تضايقُ الإنسانَ إذ يتعذَّرُ تبخُّرُ العرقِ لِتبريدِ الجسمِ. والرطوبةُ الخفيفةُ ثلاثُ أضعافٍ للإنسانَ لِكُنْها تُعيقُ نماءَ الزُّروع. يُعَيِّرُ العلماءُ بينَ الرطوبة، وهي كميَّةُ بخارِ الماءِ الموجودةِ في الهواءِ وبينَ

الرطوبة النسبيَّة، وهي كميَّةُ البخارِ الموجودةِ في الهواءِ منسوبةً إلى الكميَّةِ القصوى من البخارِ التي يُمكنُ أن يحملها الهواءُ في درجَةِ الحرارة تلك.



الشجرة المجدولة داخل بيت  
المرطاب تمتلئ في الطقس  
الرطب وتتقلص في الطقس  
الجاف؛ فتدبُّ قُرصاً ذواًراً.



المرأة خارج بيت  
المرطاب في الحق  
الخفيف الرطوبة.

على القرص  
الدوار ذميتان  
على شكل رجل  
وأمرأة. في  
الأجواء الرطبة  
تتمتع الشجرة

المختلة بذوران القرص فيظهر الرجل  
وفي الجو الجاف تتقلص الشجرة  
وتشدد القرص فتظهر المرأة.

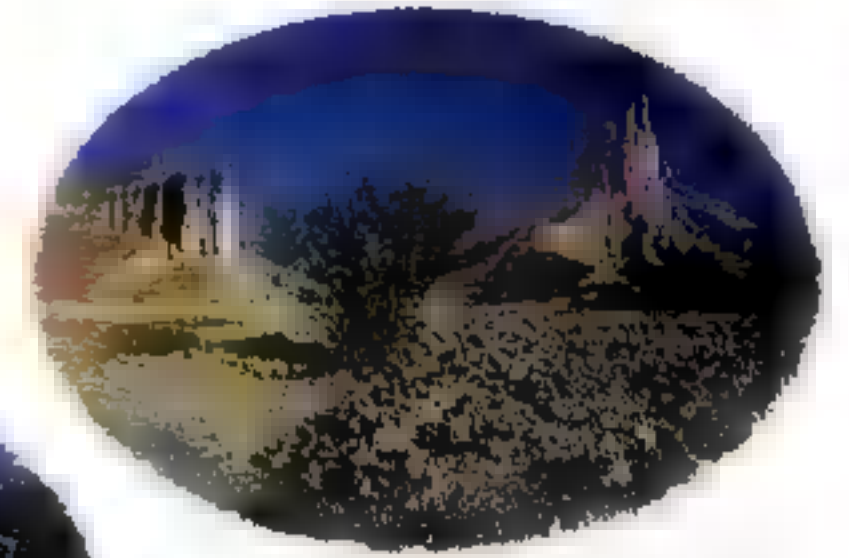
## قياس الرطوبة

تُقاسُ كميَّةُ الرطوبة في الهواء بواسطة المرطاب (الهيجرومتر)؛ ويُعرَفُ من هذا المقياس أنواعُ مختلفة - كان أولها إسفنجة تمتص الماء من الهواء الرطب فتصبح أثقل. أمَّا بيت الطقس فهو مرطاب بسيط يُبين رطوبة الطقس بامتطاط شجرة في داخله. (بين الجفاف والإشباع يزداد طول الشجرة ٣٪).

تزدهر الزراعة في المناطق  
ذات الرطوبة المتوسطة  
كبريطانيا وحوض  
البحر المتوسط.



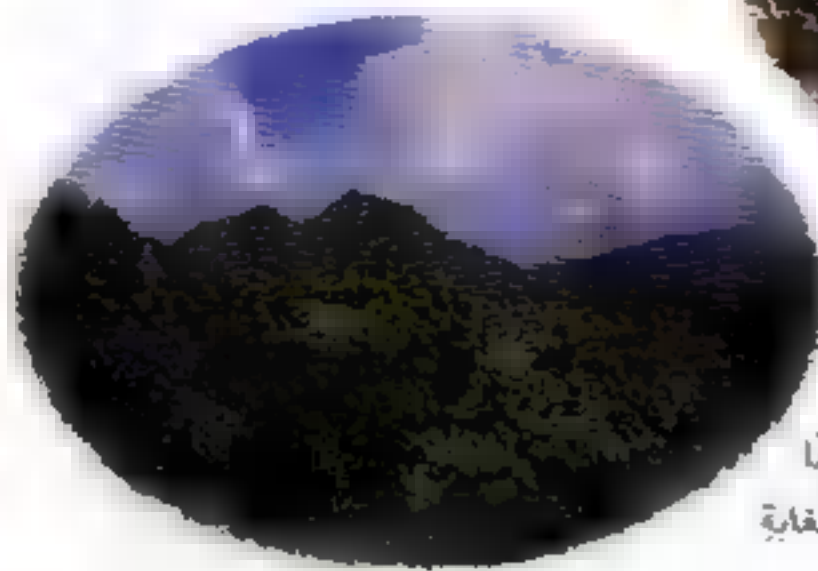
تغزو المطر في المناطق ذات  
الرطوبة العالية. فتوفر ظروفاً  
مثالية لنمو النباتات، كهذه الغابة  
المطيرة في جزيرة غرينادا.



الزراعة غسيرة في الصحاري، كهذه  
الصحراء في شبه جزيرة العرب، يشح  
الماء فيها للناس والواشي والزُّروع.

## تأثيرات الرطوبة

بخار الماء في الهواء مهمٌ وضروري لبقاء الحياة؛ فحيثُ تنخفض الرطوبة إلى أقل من ١٠ بالمئة تكون الصحاري. أحياناً تنحس الأمطار المعتادة عن منطقة، وقد يتعرض سكانها للجوع. في المقابل، تنمو الأدغال بكثافة حيث الرطوبة مرتفعة.



## التكيف مع الرطوبة

العمل الشاقُّ منهك في الجو الرطب بخاضة لمن لم يتعوَّده، لأنَّ يتعذَّرُ تبريد الجسم (بالتعرق) في الهواء الرطب. لكنَّ بالتمرين والممارسة يُصبح الجسم أكثر فعاليةً واحتمالاً. لقد ذابت الرياضة البريطانية، إيفون موراي، على التدريب في دقيقتين حيث الرطوبة عالية؛ استعداً للمشاركة في مباراة البطولات العالمية في طوكيو، باليابان، حيث الرطوبة أكثر بكثير مما هي عليه في بريطانيا.

## فرديناند الثاني

كان دوقاً تُسكانياً،

فرديناندو دي

ميديشي

(١٦١٠-١٦٧٠)،

عالمًا ومُختبرًا

إيطاليًا يعمل مع

غاليليو.

فاخترع عام

١٦٥٥ مرطاب

التكاثف - وتُحسب به رطوبة الهواء بقياس

كمية الندى المتكاثف على سطح بارد. كما

أخترع أيضًا ميزان الحرارة (الترمومتر)

الحديث ذا الأنبوب الزجاجي المسدود بطريقة

خاصة تُضَمِّن عدم تأثير الضغط الجوي على

نتائج قراءاته.



## لمزيد من المعلومات انظر

تغيُّرات الحالة ص ٢٠

الحرارة ص ١٤٠

تكوُّن السُّحب ص ٢٦٢

الضباب والشيورة والضخان ص ٢٦٣

المطر ص ٢٦٤، رُصدُ الطقس ص ٢٧٢

الصحاري ص ٣٩٠

الغابات المطيرة الاستوائية ص ٣٩٤



# الجبهات المناخية

طقس العالم المتباين حول الأرض تحكمه منظومات جووية مدومة ضخمة تُعرف بالمرتفعات والمنخفضات الجوية - أي مناطق الضغط العالي والخفض. فمناطق الضغط العالي (مضادة الأعاصير) تتكون بالهواء الهابط، وتتحرك ببطء يستقر به الطقس. وهذا الهواء الجاف يجعل الطقس جافاً وحاراً في الصيف، وبارداً صافياً في الشتاء. أما مناطق الضغط الخفيض، المعروفة بالمنخفضات الجوية، فسيبها الهواء الصاعد؛ ويحدث هواؤها الرطب سحباً ومطراً، وربما ثلجاً. ويتكون المنخفض الجوي بتصادم نطاق من الهواء الساخن مع آخر من الهواء البارد، فيتدفعان دون أن يمتزجا. فتتكون الجبهات عند حدود الكتل الهوائية ويصبح الطقس غير مستقر. وقد يبلغ عرض المنخفض الضغطي مئات الكيلومترات، لكنه غالباً ما يعبر الأجواء في أقل من ٢٤ ساعة. عادة، الجبهة الدافئة هي التي تصل أولاً؛ وبعد عبورها تأتي الجبهة الباردة في إثرها.



خلول جبهة دافئة

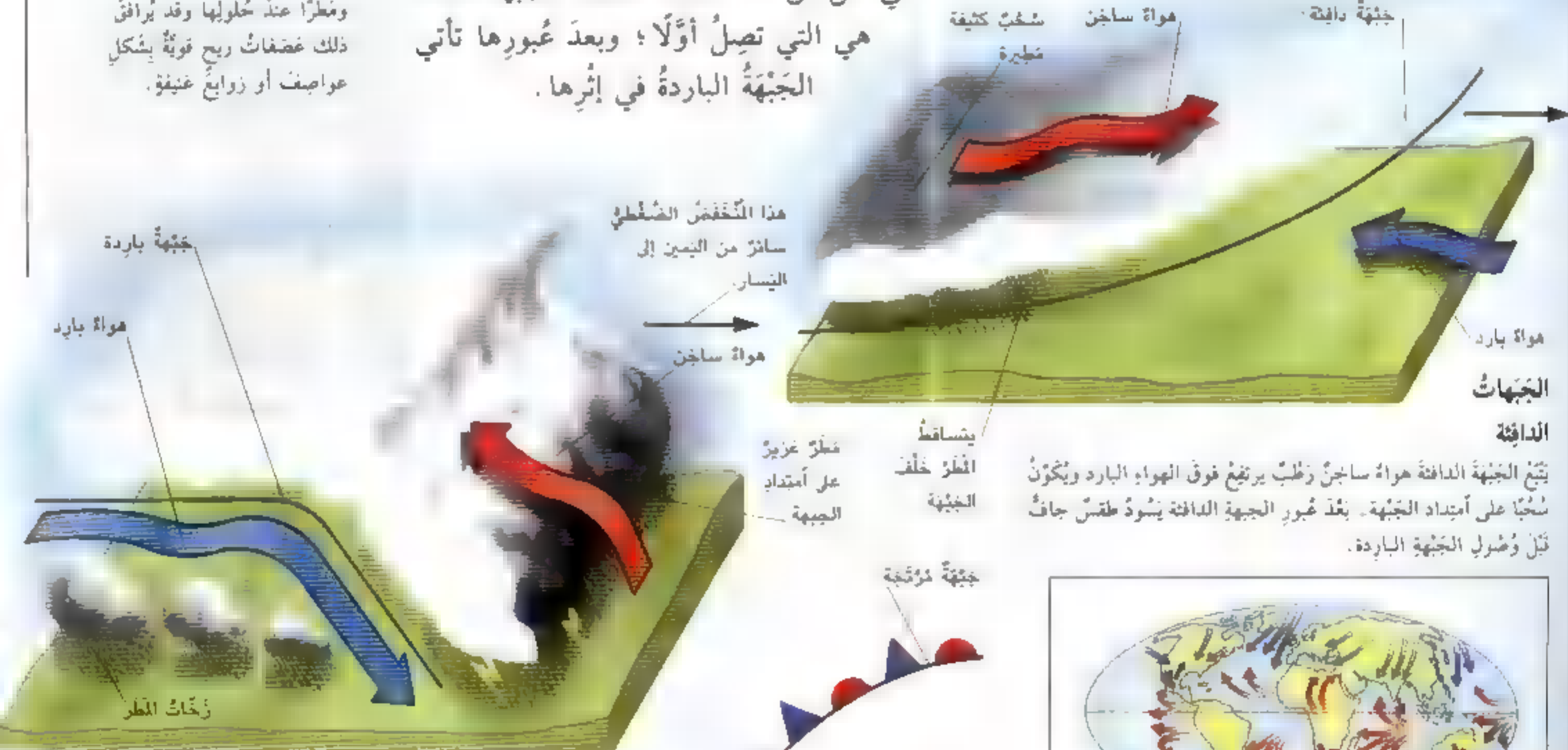
لا يتغير الطقس في البداية عند حلول الجبهة الدافئة وتبدو أول دلائل التغير بظهور سحب بمحاكية رقيقة في أعالي الجو يليها زفاف خفيف.

سحب رقيق (سحب رقيق)



خلول جبهة باردة

تجلب الجبهة الباردة سحباً ومطراً عند حلولها وقد يرافق ذلك غصافات ريح قوية بشكل عواصف أو زوايع غيفة.



## الجبهات الباردة

الجبهة الباردة ورائها هواء بارد، وهي أكثر أنجداراً من الجبهة الدافئة. يتدفع الهواء البارد تحت الهواء الساخن، فيرتفع بخار الماء ويتكثف سحباً وأمطاراً. ومع انخفاض ضغط الهواء تشتد الرياح. وينقبذ تقدم الجبهة غالباً رذاذ المطر من السحب المطيرة المتقاطرة خلفها.

## جبهة دافئة

## جبهة باردة

## خريطة الطقس

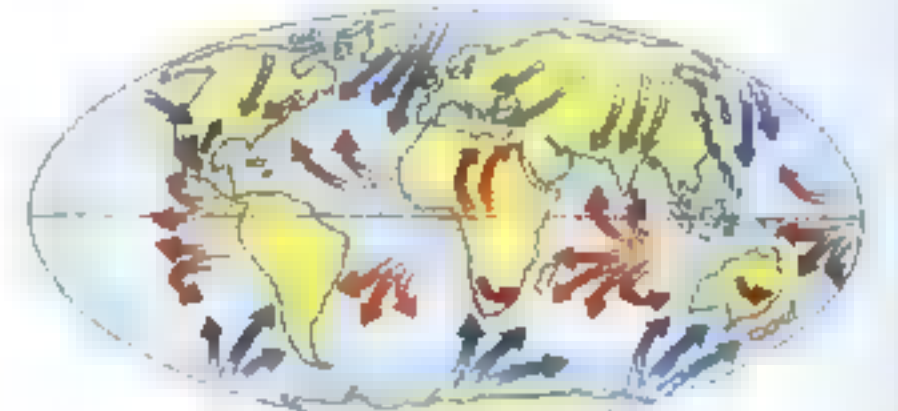
تمثل الجبهات

على خريطة الطقس بخطوط ذات أسلاك، أو ذات خدبات. فالأسلاك تشير الجبهة الباردة، بينما

تشير الخدبات إلى جبهة دافئة. أحياناً كثيرة، عند تحرك

المنخفض الجوي، تلتحق الجبهة الباردة بالجبهة الدافئة، فتتأوب

الأسلاك والخدبات على أمتداد الخط، وتُسمى هذا حبة مُتحدة.



جاف حار  
مدايري قاري  
زطبت دافئة  
مدايري بحري  
جاف بارد  
قطني قاري  
زطبت بارد  
قطني بحري

## الكتل الهوائية

تتكون فوق أقسام مختلفة من الأرض أربع كتل هوائية رئيسية؛ وهي تؤثر في طقس المناطق التي تقع فوقها. تسوق الرياح تلك الكتل؛ وحيث تتلاقى هذه الكتل وتتأحم يكون الطقس متقلباً جداً.

## لمزيد من المعلومات انظر

- المناسخ ص ٢٤٤
- ضغط الهواء ص ٢٥٠
- الرطوبة ص ٢٥٢
- السحب ص ٢٦٠
- تكون السحب ص ٢٦٢
- التنبؤ بالأحوال الجوية ص ٢٧٠



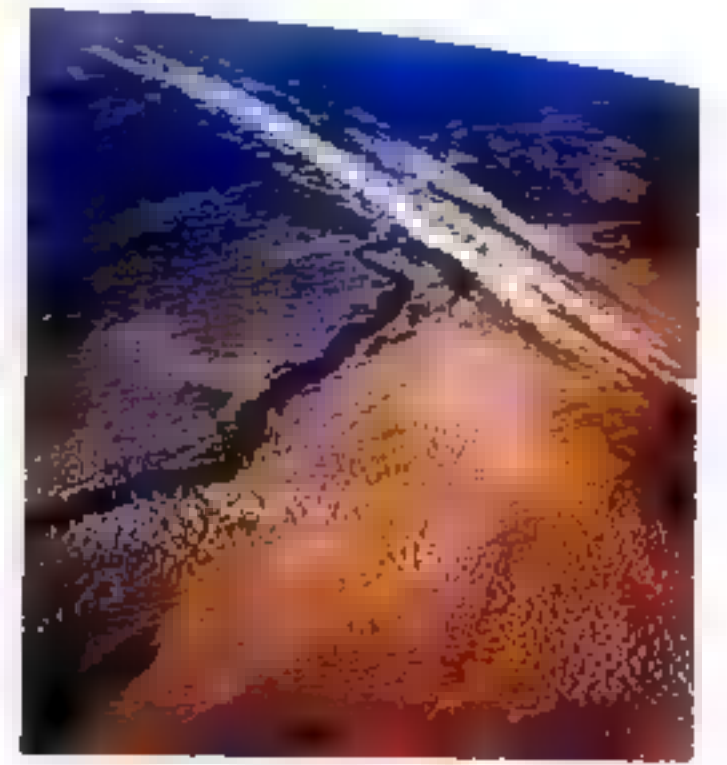
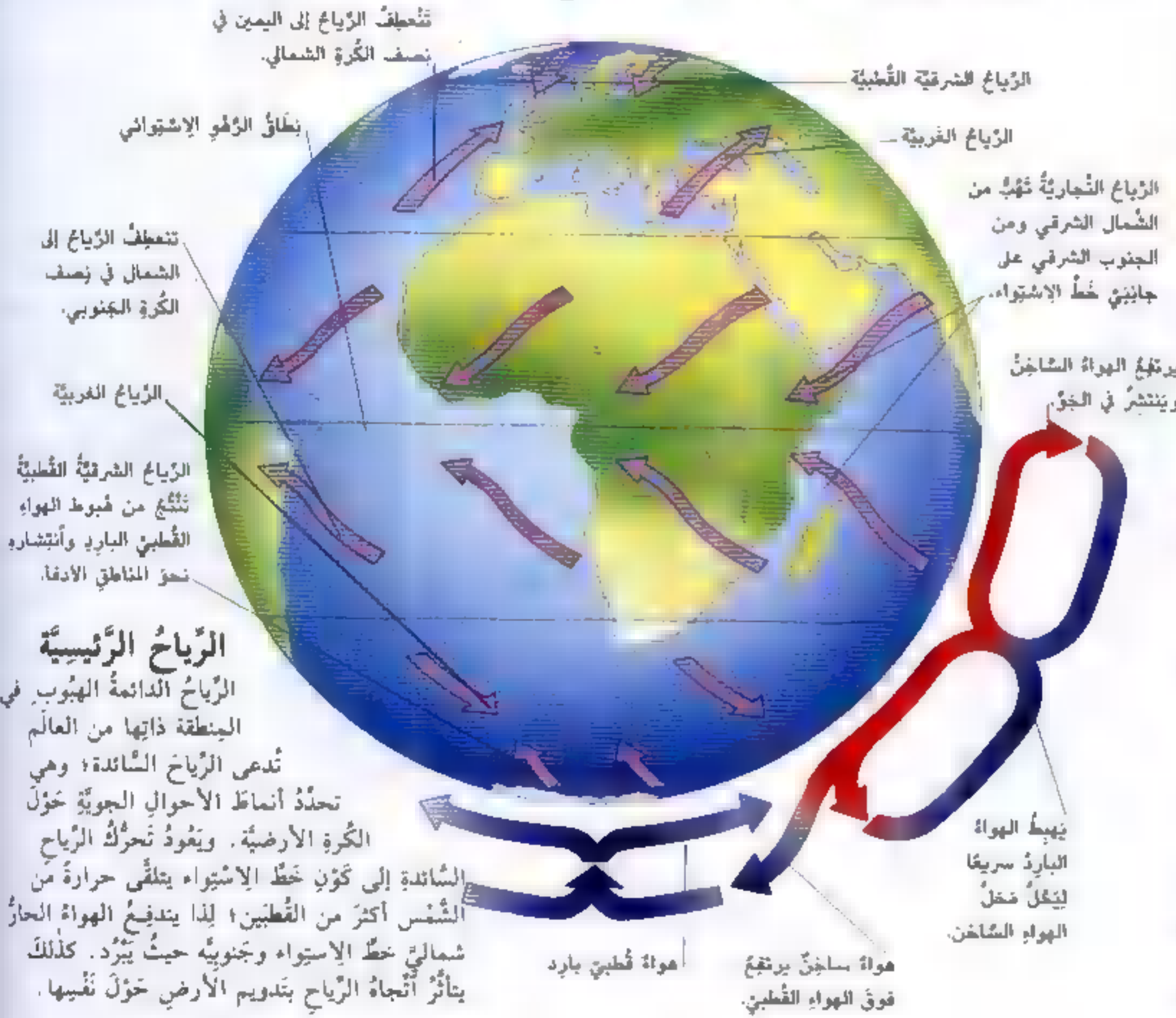
# الرياح

الهواء لا يتوقف عن الحركة، وفي تحركه يحمل الحرارة والماء حول الكرة الأرضية فينتج الطقس في مختلف المناطق. تهب الرياح العالمية بسبب الفرق في ضغط الهواء ودرجة الحرارة بين مكان وآخر. فالرياح تهب من مناطق الضغط العالي إلى مناطق الضغط الخفيض. وبميكناك تبيان ذلك يتفح بالون بالهواء فيزداد ضغط الهواء بداخله، وعندما تدفع الهواء يقلت، يندفع الهواء كالريح إلى خارج البالون - حيث الضغط أخفض. والهواء الساخن أقل كثافة من الهواء البارد، فيرتفع في الجو تاركاً وراءه منطقة من الضغط الخفيض، يملأها الهواء البارد الذي يهبط ليحل محله. إن دوران الهواء هذا هو الذي يكون الرياح.



## اتجاه الرياح

يستخدم كم الرياح في المطارات الصغيرة ليبيّن شدة الرياح واتجاهها لربابية الطائرات. فالكُم المتهذّل يعني رياحاً خفيفة رضاء. لكن عندما يشتد هبوب الرياح، يمتلئ الكُم بهواء متحرك ويشتد عازماً باتجاه هبوب الرياح. وتوضف الرياح بالاتجاه الذي تهب منه - فالرياح الغربية، مثلاً، تهب من الغرب، والرياح الشمالية تهب من الشمال.

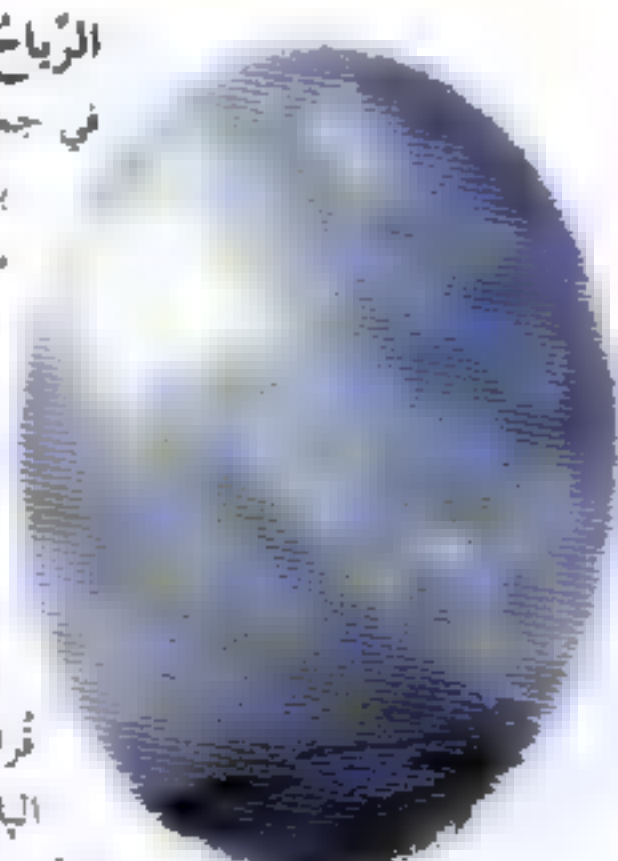


## التياران النفاثان (النافوريان)

على ارتفاع حوالي ١٠ كم فوق سطح الأرض يدور تياران نافوريان قويان حول الأرض - واحد في نصف الكرة الشمالي والآخر في نصف الكرة الجنوبي. وهذه الصورة، الملتقطة من الفضاء، تُبيّن سحب التيار النافوري فوق مصر. ولا يتعدى عرض التيارين النفاثين بضعة مئات من الكيلومترات، لكنهما يمتدان أحياناً إلى نصف الكرة حول الأرض. ويهتبان عادة بسرعة تقارب ٢٠٠ كم/ساعة أو أكثر. هذان التياران عظيمتا الأثر في تحريك الكتل الهوائية الرئيسية؛ وبالتالي، فتأثيرهما عظيم في أحوال الطقس.

## الرياح المحلية

في جميع أنحاء العالم هناك رياح محلية منتظمة تُعرف بأسماء خاصة كالْفَهْن، مثلاً، وهي ربيع جافة تهب من جبال الألب في أوروبا. العاصفة الميئية في الصورة هنا تهب فوق مايزهورن في جبال الألب. ومن الرياح المحلية أيضاً الشيتوك، وهي ربيع جافة تهب من بحيرة شوقي في جبال الروكيز في أمريكا الشمالية، فتسبب تغيرات سريعة في درجات الحرارة والرطوبة. ومنها كذلك ربيع الطيب وهي نسيم بحري مُنوش ينشأ قرباً الظهيرة في فريمتل، بأستراليا، ومنها أيضاً الهامبرو وهي ربيع جنوبية غربية باردة تهب من جبال الأنديز في أمريكا الجنوبية.



## نطاق الرهو الاستوائي

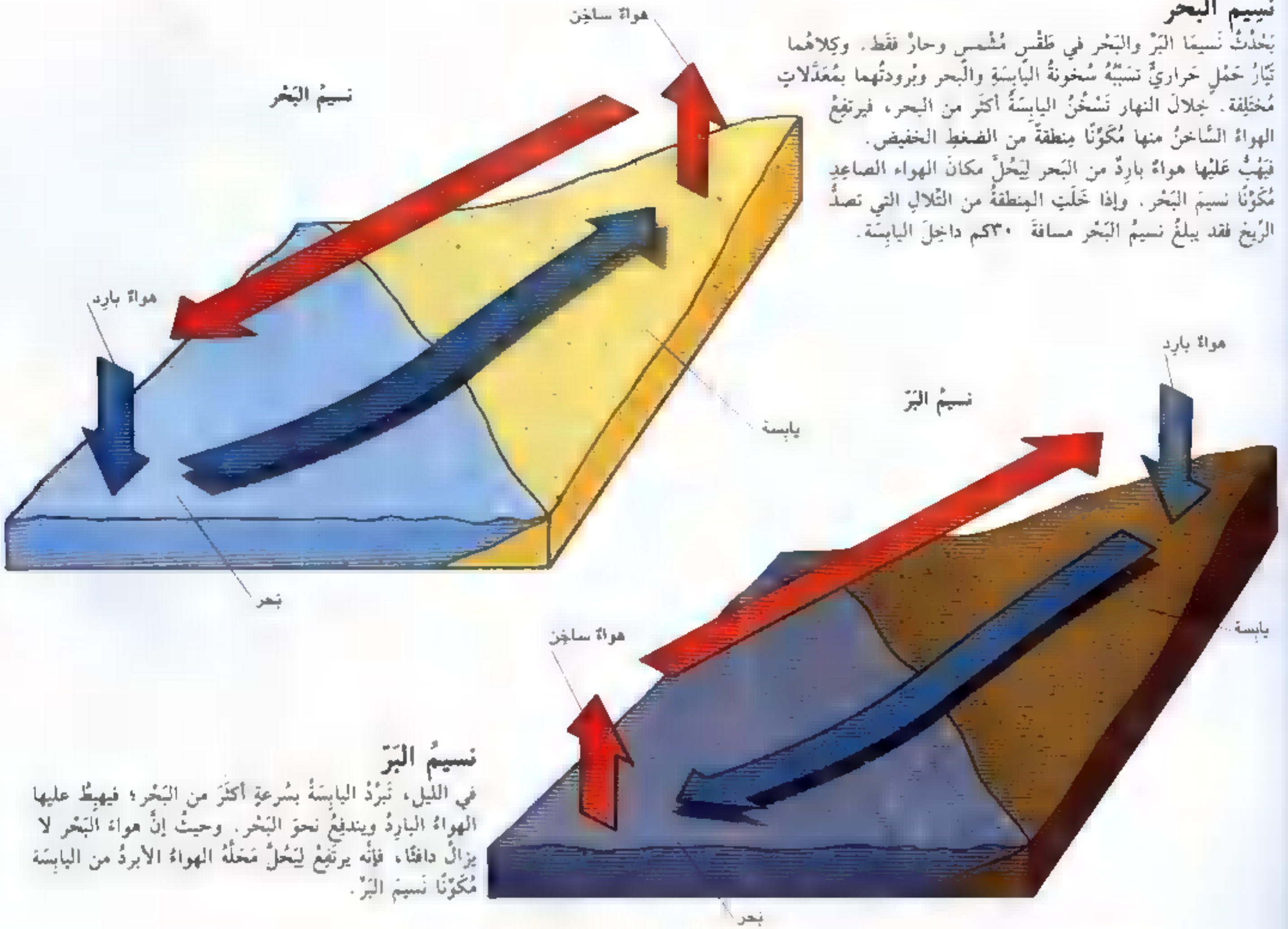
تمتد على طول خط الاستواء منطقة من الضغط الخفيض، حيث تتلاقى الرياح التجارية. في هذه المنطقة، المعروفة بنطاق الرهو الاستوائي، نخمد الرياح. وكانت حركة السفن الشراعية تتعطل بسبب خمود الرياح في هذه المنطقة؛ وقد تفقد مؤنّها من الطعام والماء بانتظار اتجاهاها نحو الرياح التجارية.





## نسيم البحر

يُحدث نسيم البحر في طقس مُشمس وحار فقط. وكلاهما تيار حمل حراريّ تسببه سخونة اليابسة والبحر وبرودتهما بمعدلات مختلفة. خلال النهار تسخن اليابسة أكثر من البحر، فيرتفع الهواء الساخن منها مُكوّنًا منطقة من الضغط الخفيض. فيهب عليها هواء بارد من البحر ليحلّ مكان الهواء الصاعد مُكوّنًا نسيم البحر. وإذا خَلَّت المنطقة من التلال التي تصدّ الرياح فقد يبلغ نسيم البحر مسافة ٣٠ كم داخل اليابسة.



## نسيم البر

في الليل، تبرد اليابسة بسرعة أكثر من البحر، فيهب عليها الهواء البارد ويندفع نحو البحر. وحيث إنّ هواء البحر لا يزال دافئًا، فإنه يرتفع ليحلّ محله الهواء الأبرد من اليابسة مُكوّنًا نسيم البر.

## برج الرياح

في القرن الأول ق.م.، شيّد عالم الفلك اليوناني، أندرونيكوس، برجًا للرياح يتألف من ثمانية جوانب نقش على كل جانب منها إله للريح. وكان كل إله يمثل نمط الريح الخاص به: فظهر بوربوس، إله الريح الشمالية الباردة، على شكل رجل عجوز مرتديًا ملابس دفيئة. وتعرّف موسيقاه على صدفة محارة؛ بينما بدا إله الريح الشرقية الدافئة مرتديًا ملابس خفيفة ويحمل فاكهة وخبثًا.



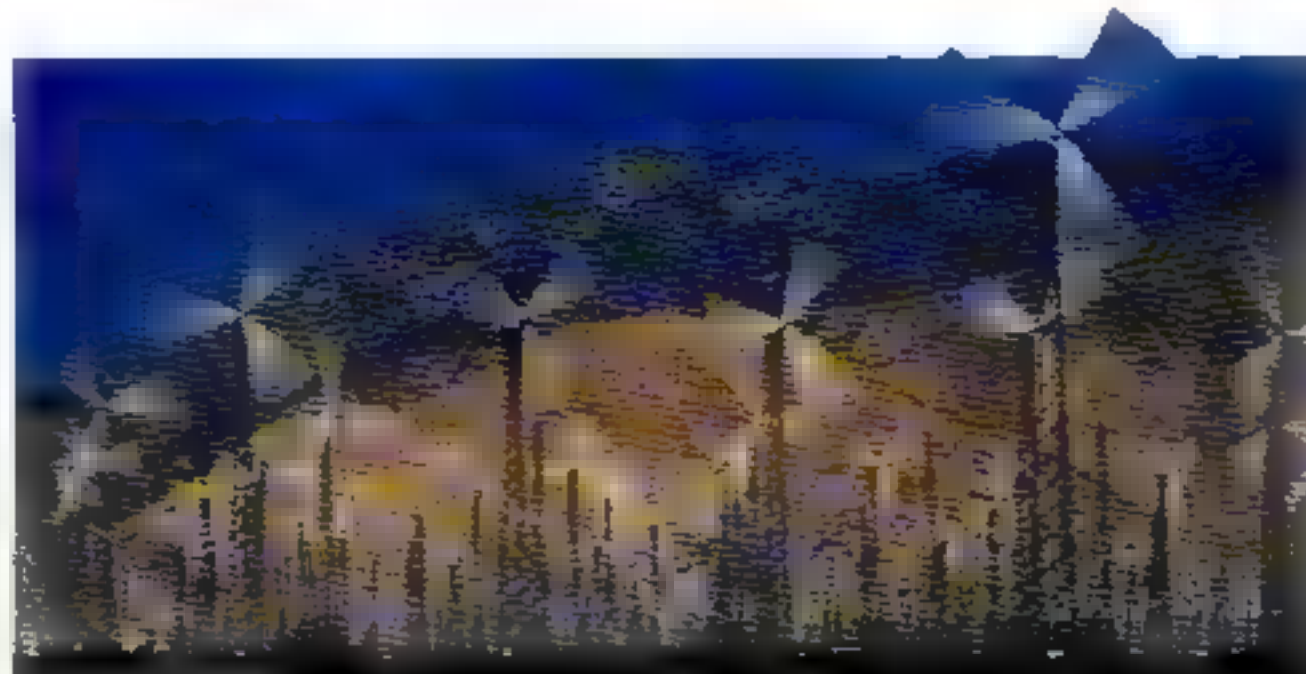
## أرقام قياسية للريح

ساجل جورج الخامس في القارة القطبية الجنوبية - الميّت هنا هو أكثر الأماكن تفرصًا للهبوب الرياح في العالم حيث تُهب الرياح على نحو مُنظم بسرعة ٣٢٠ كم/سا. أما الرقم القياسي المُسجل لأسرع ربح على سطح الأرض فهو ٣٧١ كم/سا، وذلك على جبل واشنطن، في نيوهامبشير، بالولايات المتحدة، وقد سُجل في ١٢ نيسان (إبريل) عام ١٩٣٤.



## قدرة الريح

يمكن تسخير الريح لتوليد الكهرباء. ففي محطة اختبارية بالولايات المتحدة، تُدار، طبيعيًا، صفوف متوالية من الطواحين الهوائية بقدرة الرياح المحلية. وهي بدورها تُسبّر تربينات مولّد كهربائي تُنتج بمجموعها طاقة كهربائية تكفي لإمداد مدينة صغيرة بالكهرباء للإضاءة والتدفئة. وبخلاف محطات القدرة العاملة بالقمح أو بالطاقة النووية، فالتربينات الهوائية لا تُحدث تلوثًا.



### لزيد من المعلومات انظر

- مصادر الطاقة ص ١٣٤
- انتقال الحرارة ص ١٤٢
- الفصول ص ٢٤٣
- ضغط الهواء ص ٢٥٠
- درجات الحرارة ص ٢٥١
- الجيئات المناخية ص ٢٥٣



# قُوَّة الرِّيح

لِلرِّيح تأثير كبير على حياتنا، فهي الصديق والعدو في آن - أحيانا تهب لطيفة في نسيم مُنعش، وأحيانا أخرى تهب عنيفة في عواصف وأعاصير تُسبب أضرارا واسعة النطاق تدميرا وقتلا. أول محاولة مُقننة لبيان سرعة الرياح كانت من وضع الاميرال السير فرنسيس بوفورت عام ١٨٠٥. فقد استنبط مقياسا يُساعد البحارة في تقدير قُوَّة الرياح. قديما، كانت طاقة الرياح تُستخدم في طحن الحبوب؛ وحديثا لا تزال طاقة الرياح تُستخدم رغم كل التقنيات الحديثة. فهي اليوم تُسخَّر في إدارة التربينات الهوائية لتوليد الكهرباء.

٠ (جفَر) هواء ساكن، دخان المداخن ينضغ عموديا.

١. هواء خفيف - مُعدّل سرعة الرياح ٣ كم/سا. يُحرف الدخان قليلا.

٢. نسيم خفيف - سرعة ٩ كم/سا. مُلمع خفيف أوراق الشجر، وتُجس بالهواء على وجهك.

٣. نسيم لطيف - سرعة ١٥ كم/سا. أوراق الشجر وأغصانها الطرية تتحرك، والأغلام تُزفرف.

جرياح (مقياس ريح) من القرون التاسع عشر.

## مِرْيَاح

المِرْيَاح آلة لقياس سرعة الرياح. وكانت

أوائل هذه الآلات تتألف

من كرة تدلّج فوق مقياس

مُدْرَج مقوس. أما مقياس الرياح الحديثة فتتألف

من ثلاثة أكواب أو أكثر مُركبة على أطراف

أذرع تدور حول عمود قائم، فتسجل بنورانيا

سرعة الرياح على قرص مُدْرَج.

## مقياس بوفورت

مقياس قُوَّة الرياح هذا اعتمد أصلا على تأثيرات سرعة الرياح على سفينة شراعية كاملة التجهيز، ليُحدّد كمية الاشرعة التي يجب نشرها أثناء هبوب الرياح المُختلفة الشدة. ولا يزال هذا المقياس يُستخدم حتى اليوم، وقد كُيف للاستخدام على اليابسة أيضا. يتألف المقياس من ١٣ درجة تُحدّد قُوَّة الرياح من الشكون التام حتى الأعاصير.

## السير فرنسيس بوفورت

وُلد السير فرنسيس

بوفورت (١٧٧٤-١٨٥٧)

في إرلندا. والتحق

بالبحرية الملكية

البريطانية، وهو في الثانية

عشرة من عمره، ففضى في

الخدمة الفعلية أكثر من ٢٠

عاما. استنبط بوفورت مقياسه

لِلرِّيح بعد سنوات عديدة من مراقبة

السفن في عرض البحر.



عاصف



هابئ

٤. ربيع مُعتدلة - سرعتها ٢٥ كم/سا. الأغصان الصغيرة تتحرك؛ وفصاصك الوزق شطان.

٥. ربيع نشطة - سرعتها ٣٥ كم/سا. الأشجار الصغيرة تأخذ بالشماوج.

٦. ربيع قوية -

سرعتها ٤٥ كم/سا.

يصعب التحكم بالبطة؛

والأغصان الكبيرة تتحرك.

٧. شبه القوة - سرعة الرياح

٦٥ كم/سا. تتماوج الأشجار بكاملها.

٨. نوء - سرعة الرياح ٦٨ كم/سا. سفوف

الشجر ضد الرياح. تنقص الأغصان الطرية.

٩. نوء عنيف - سرعة الرياح ٨١ كم/سا.

تنقص الأغصان وتتطاير اغطية المداخن.

١٠. عاصفة - سرعة الرياح ٩٤ كم/سا.

تنضرر المنازل وتقتلع الأشجار.

١١. عاصفة عنيفة - سرعة الرياح

١١٠ كم/سا. دمار بالغ.

١٢. إعصار - سرعة الرياح أكثر من ١١٨ كم/سا.

دمار واسع النطاق.

## مهرجان الطائرات الورقية

ظيّر الصينيون طائرات ورقية منذ

٢٥٠٠ سنة؛ أما اليوم، فيظيها

الناس في سائر أنحاء العالم

للسلية. وفي اليابان، تُزيّن

الطائرات الورقية التقليدية

بشخصيات أو حيوانات أسطورية

ترمز إلى أشياء مُختلفة.



## لمزيد من المعلومات انظر

مصادر الطاقة ص ١٣٤

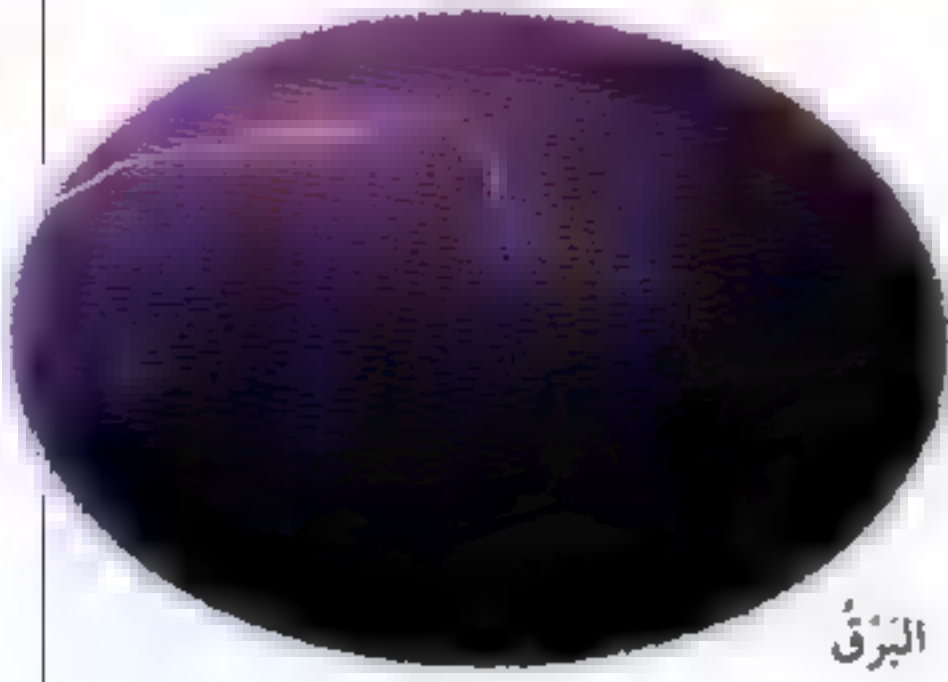
الرياح ص ٢٥٤

الأعاصير ص ٢٥٨

الأعاصير الدوامية ص ٢٥٩



# البرق والرعد



البرق

الصفحي

إذا أثار وبيض البرق السماء، فهو برق صفحي  
يحدث داخل السحابة الرعدية كتفريغ برقي دون  
أن يهبط إلى الأرض.



الشحنات

الكهربائية

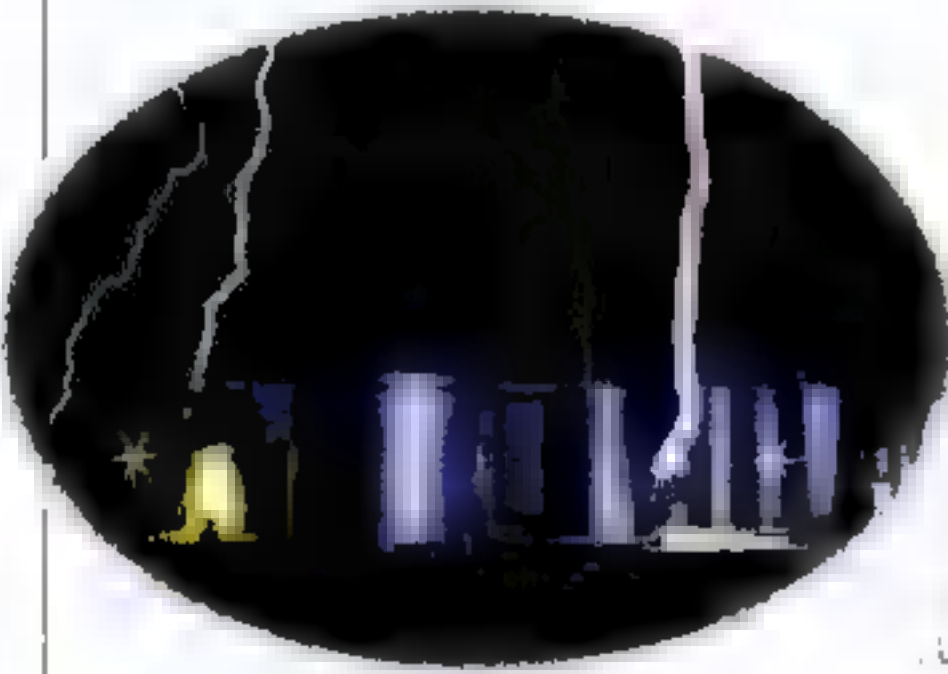
إن تصادم

جسيمات

الماء والجليد

داخل سحابة

وعادةً يُؤدَّى ركنًا من الكهرباء الساكنة؛ فتتراكم الشحنات  
الموجبة في أعلى السحابة، ونحتشد الشحنات السالبة في  
أسفلها مُحاولَةً الإفلات نحو الأرض. وعندما يبلغ فرق  
الجهد بين الشحنات حدًا كافيًا، يفيض التفريغ البرقي من  
أسفل السحابة نحو أعلاها أو من أسفلها نحو الأرض.



البرق المُشعَّب

يبدأ البرق المُشعَّب عندما تتفرَّج

«صاعقة طبيعية» نحو الأرض بسرعة

١٠٠ كم/سا مُتَّجِدةً أسهل المسارات.

تحدث مسارًا من الهواء المشحون كهربائيًا

لصاعقة رجعيًا، أو رئيسيًا، تُطلق مُرْتَدَّةً في

التو؛ وهذه الصاعقة المُرْتَدَّة هي التي نشاهدها.

## الأمينة الآمنة

إذا فاجأك عاصفة رعدية خارج البيت، فتجشَّب اللجوء تحت شجرة باسفة

مغزولة. فالتفريغ البرقي يتوسَّع دومًا أسرع المسارات إلى الأرض،

وقد يضرب الشجرة. إن داخل السيارة هو أحد أكثر الأماكن أمانًا من

الصواعق. فإذا ضربت الصاعقة سيارة، فإن هيكلها الفولاذي

يُمرِّر الكهرباء

على سطح السيارة

إلى الأرض.



## إله الرعد

كان ثور إله الرعد عند

الإسكندنافيين القدماء؛ ويمثِّل

هنا بنمثال برونزي من القرن

العاشير في آيسلندا. ويُزعم أنه

كان رجلًا ضخمًا أحمر

شعر الرأس واللحية ذا قوَّة

وقُدرة هائلتين. فكانت

سهامه البارقة تُسقط

الصواعق من السحب

حسب اعتقادهم.



### لمزيد من المعلومات انظر

الكهربائية الساكنة ص ١٤٦

الكهرباء الثابتة ص ١٤٨

الصوت ص ١٧٨

الضوء ص ١٩٠

البرق ص ٢٦٧

الشمس ص ٢٨٤



# الأعاصير

الأعاصيرُ (وتُسمى أحياناً العواصف الدوامية المدارية) تستطيع اقتلاع الأشجار وتدمير المباني وإتلاف المحاصيل. والأمطار الغزيرة التي ترافقها تحدث فيضانات؛ وقد تُغمر المناطق الساحلية بالأمواج الضخمة المندفعة بريح عاتية تُقارب سرعتها ٣٠٠ كم/سا. تأخذ الأعاصير بالتكوّن عندما تُثير حرارة الشمس الهواء الرطب صعوداً فوق المحيطات حيث تتجاوز درجة الحرارة ٢٧°س. في البداية قد يبلغ قطر دائرة المنخفض الجوي في مركز (أو عين) العاصفة ٣٠٠ كم، ولا تتجاوز شدة الريح مستوى النوء. لكن مع تضيق قطر عين العاصفة إلى حوالي ٥٠ كم، تأخذ الريح بالتدويم حول العين بزخم إعصاري.



الإعصار أندرو

اكتسح الإعصار أندرو ولاية فلوريدا، بالولايات المتحدة عام ١٩٩٢. وأُنذِر الناس بِقدوم الإعصار فجلا الكثير منهم عن المنطقة. وكانت حصيلة الإعصار مقتل ١٥ شخصاً وبقاء ٥٠ ألفاً دون مأوى.

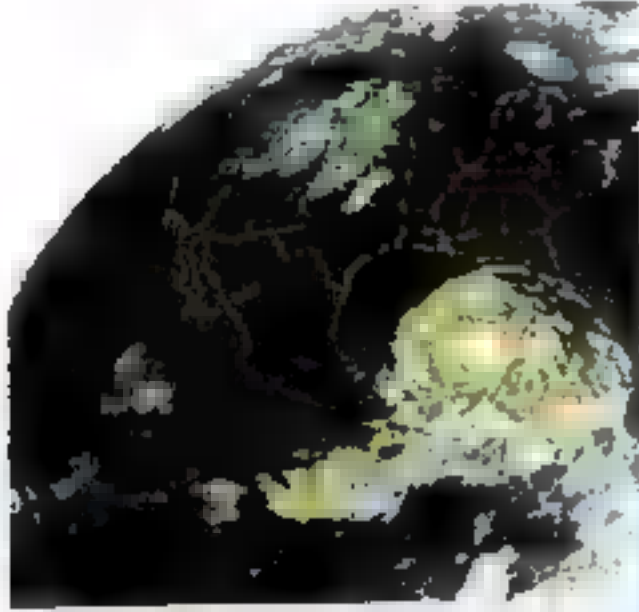
تدوّم الهواء شَرْراً (بعكس اتجاه عقارب الساعة) في أعاصير نصف الكرة الشمالي، وبُتّاً (باتجاه عقارب الساعة) في نصف الكرة الجنوبي.

يُحاول العلماء تكوين عين ثانية في الأعاصير عن طريق دُرّ بلورات الملح أو الحديد أو يوديد الفضة. فبالتصال هذه العين بعين الإعصار الأولى، يتكوّن عين جديدة واحدة، يُمكن خفض سرعة الريح.

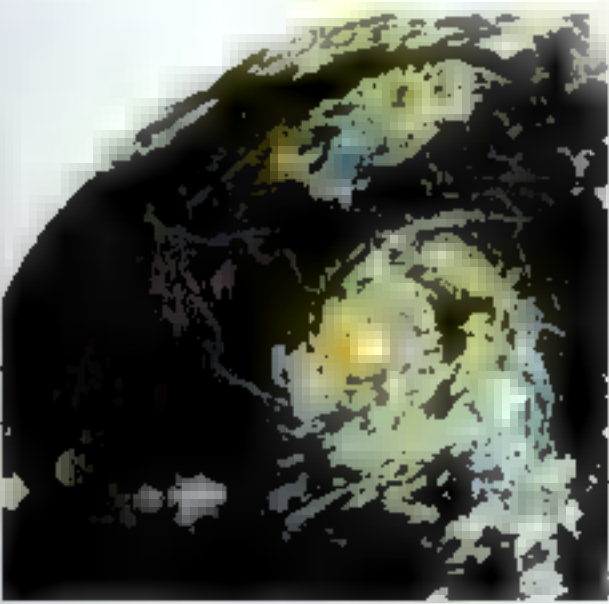
دائرة ضخمة من السحب تشكّل بأنيتشار الهواء من قفّة العاصفة.

عين الإعصار

١. في بدء الإعصار، يُشغط الهواء نحو مركز المنخفض الجوي (حيث الضغط الخفيض) مُستجيباً رياحاً سطحية عاتية.

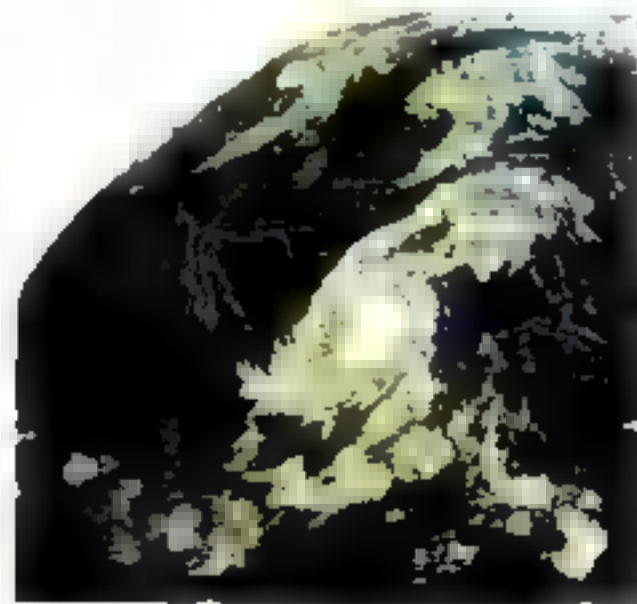


٢. إذا كانت عين الإعصار واسعة جداً، تكوّن الرياح المحيطية ضعيفة، لكن مع تضيق عين الإعصار تزداد الريح سرعةً وغلظاً.

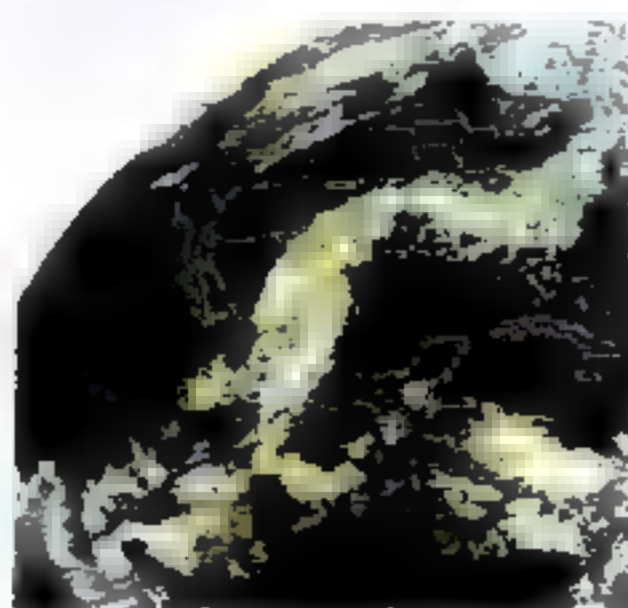


## عاصفة أو إعصار؟

يترصد علماء الأرصاد الجوية الأعاصير المحتملة؛ فتستخدم السواتل لإلتقاط صور المنشآت منها. وتُساعد صور السواتل هذه علماء الأرصاد في كشف المواقع التي يُحتمل فيها تحوّل العاصفة إلى إعصار والتنبؤ عن مساره المُرجح.



٣. مع تقدّم الإعصار، تزداد سرعة الهواء فتدوّم ضغطاً في مساري لولبي هائل.



٤. في أوج قوّة الإعصار، تدوّم الرياح بسرعة تفوق ١١٨ كم/سا؛ ولا تجفّ حثته إلا بعد مروره فوق اليابسة أو فوق مياهٍ لبرّد - أقلّ من ٢٧°س.

## ماذا يحدث في الإعصار؟

عينُ الإعصار، في مركزه، منطقة هادئة يتنشأ حولها صُعداً عموداً ضخماً من الهواء الرطب الحار. وفي مساره اللولبي إلى أعلى يبرّد هذا الهواء وتكثّف رطوبته أمطاراً. ومع أن أغزر الأمطار وأغنى الرياح تحدث بمحاذاة عين الإعصار، فإن آثاراً أخفّ جدّة يُمكن ملاحظتها على بُعيد ٤٠٠ كم منها.

## كليمنت راج

الأستراليّ كليمنت راج (١٨٥٢-١٩٢٢) هو

صاحب فكرة تسمية الأعاصير بأسماءٍ نسوية؛ ويُقال إنه كان يختار لها أسماء نساء يكرهن! ومنذ عام ١٩٧٠،

تقرّر وضع لائحة أبجدية، سنوية، تحمل أسماء نسوية ورجالية متناوبة؛ وكلما اكتشف إعصار جديد، يُعطى الاسم التالي على اللائحة.



## لمزيد من المعلومات انظر

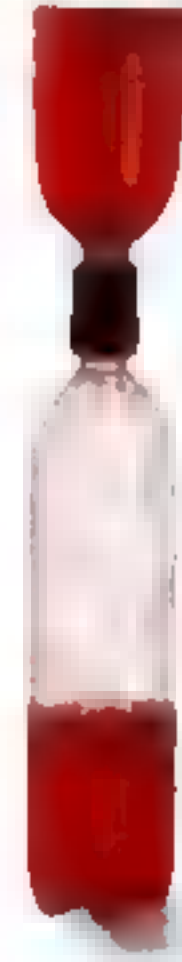
ضغط الهواء ص ٢٥٠  
الرطوبة ص ٢٥٢  
قوّة الرياح ص ٢٥٦  
تكوّن السحب ص ٢٦٢  
المطر ص ٢٦٤  
التنبؤ بالأحوال الجوية ص ٢٧٠



# الأعاصير الدوامية

رياح الإعصار الدوامي (الظرناد) هي أشد الرياح سرعة على سطح الأرض، فقد تبلغ سرعتها في عمود الهواء القمعي المدوم ٥٠٠ كم/سا - وهي أعلى بكثير من سرعة الرياح داخل الإعصار المداري. ولا يستطيع العلماء قياس السرعة القصوى في الظرناد لأن آلات الرصد تتحطم في رياحه الزعازع. الظرنادات زوايح صغيرة فائقة القدرة تنشأ فجأة، في مجموعات غالباً، وهي أكثر شيوعاً وعنفاً في الولايات المتحدة الأمريكية حيث يثور منها أكثر من ٥٠٠ سنوياً. ويتراوح قطر الظرناد بين بضعة أمتار ومئة متر، وقد يبلغ مقداره ٢٠٠ كم. وهو في مساره يسقط كل شيء بما فيه الأشجار والمباني والقطارات، ثم يسقطها حين وحيث تخور قواه.

يحدث مسار حلزوني في القارورة القلوية.



## ظرناد في قارورة

إيضاح طريقة حصول الإعصار الدوامي (الظرناد)، أخذ قارورتين ذاتيّين سدائين لوليتين وغر السدائين معاً. أنقبت ثقباً صغيراً في كلا السدائين بمسامير مناسب. إملاً إحدى القارورتين حتى ثلاثة أرباعها ماء. وثبتت السداد المزفوج. ثم ثبت القارورة الفارغة في السداد فوق القارورة المملأ. إقلب القارورتين رأساً على عقب ودهوم الماء قليلاً ليبدأ أنطلاقه. راقب المسار الحلزوني، في الوسط، الشبه بالظرناد.

## تكوّن الإعصار الدوامي

يتكوّن الإعصار الدوامي (الظرناد) حينما يتشبع عمود طويل قمعي الشكل من الهواء الساخن بسرعة ضعفاً، من الأرض إلى سحابة زعدية في الغالب. وقد يحدث الظرناد أيضاً عندما تسخن الأرض بشدة وتبدأ كتلة لقاعة من الهواء بالارتفاع. في أمريكا الشمالية، تتكوّن الأعاصير الدوامية عندما ينساب الهواء الجاف البارد من جبال الروكي شرقاً فوق هواء رطب ساخن، متطلق شمالاً، من خليج المكسيك. فإذا برمت رياح قوية تيار الهواء الصاعد وبدأت تدوينة، فقد يتحوّل هذا إلى ظرناد.

يمتد فصح الهواء المدوم إلى الأرض كمكبسة كهربائية ضخمة.

الضغط في مركز الظرناد أخفض من الضغط الجوي العادي بمئات المي بار. لذا تتفجّر المباني بأندفاع الهواء من داخلها نحو منطقة الضغط الخفيض.

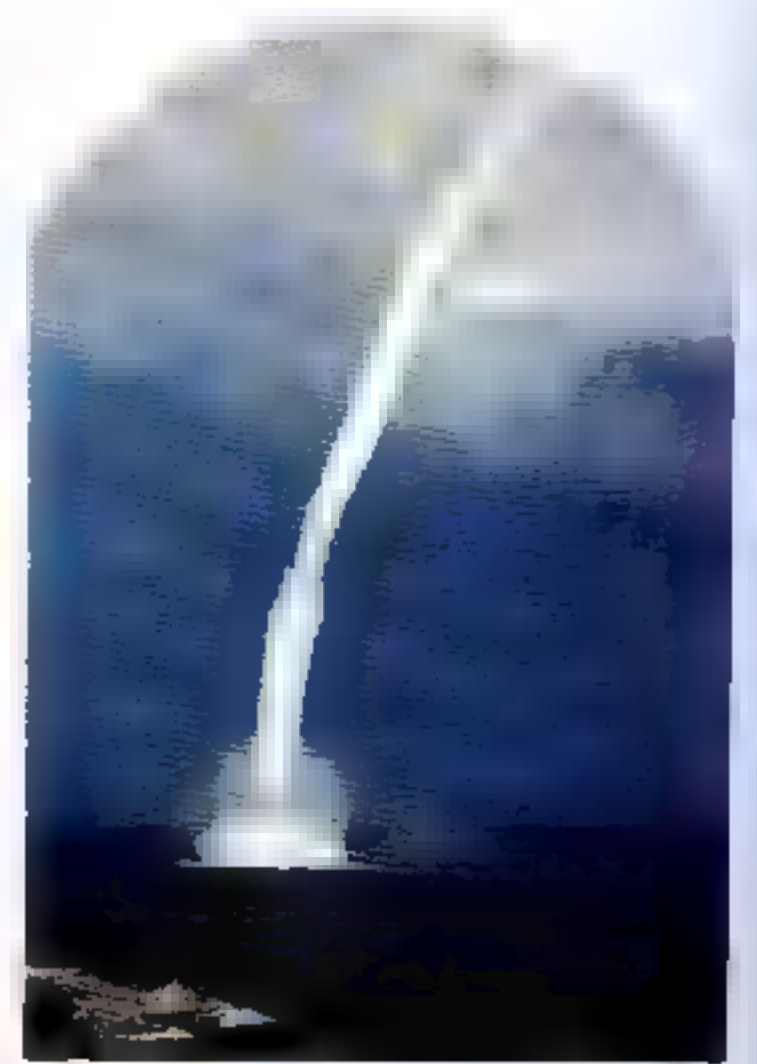


## مطر الغرائب

عندما يفقد الظرناد طاقته ويخور، تتساقط منه الأشياء التي كان تسقطها، أو تنقلها، مطراً غريباً - كأن يُمطر ضفادع مثلاً. فالظرناد أثناء مروره فوق البحر، يسقط المياه وما تحويه من أسماك صغيرة وشفادع، وقد يحملها مسافات طويلة قبل أن يسقطها.

## مقياس تورو

تتكوّن الأعاصير الظرنادية فجأة، فيستحيل التنبؤ بزمانها ومكانها. لذا فإن الإنذارات بها تُعَمَّم عندما تكون الأحوال الجوية مهيأة لحدوثها؛ وتُتابع تلك الإنذارات بتحذيرات مُجدّدة أحدث كلما تحدّثت مواقع واتجاهات تلك الأعاصير. يُصنّف مقياس تورو، لبُنية الأعاصير، سرعة الإعصار الدوامي وقدرته التدميرية على مقياس مُدرّج من ٠ (صفر) إلى ١٢ درجة. فمثلاً على درجة تورو ١١، الظرناد خفيف، يقتلع الأشجار الصغيرة ويتزعزع أغصان المداخن؛ بينما على درجة تورو ١٢، الظرناد أعظمي يحدث دماراً شديداً حتى في المباني الخرسانية المسلحة بالفولاذ.



## وحوش (أو هولات) البحر

الظرناد المتكوّن فوق البحر يُدعى ظرناداً مائياً. وحين يلاص الظرناد سطح المحيط يسقط الماء ضعفاً داخل الرياح المدومة. فيبدو الظرناد المائي كأنه مُشَيّق من البحر كُتُباناً هائلاً ذي لون رماديّ قاتم. ولعلّ أ مثال هذا المشهد هي أسماك الأساطير حول الهولات والوحوش البحرية.

## لمزيد من المعلومات انظر

- ضغط الهواء ص ٢٥٠
- قوة الرياح ص ٢٥٦
- الأعاصير ص ٢٥٨
- السحب ص ٢٦٠
- المطر ص ٢٦٤



# السحب

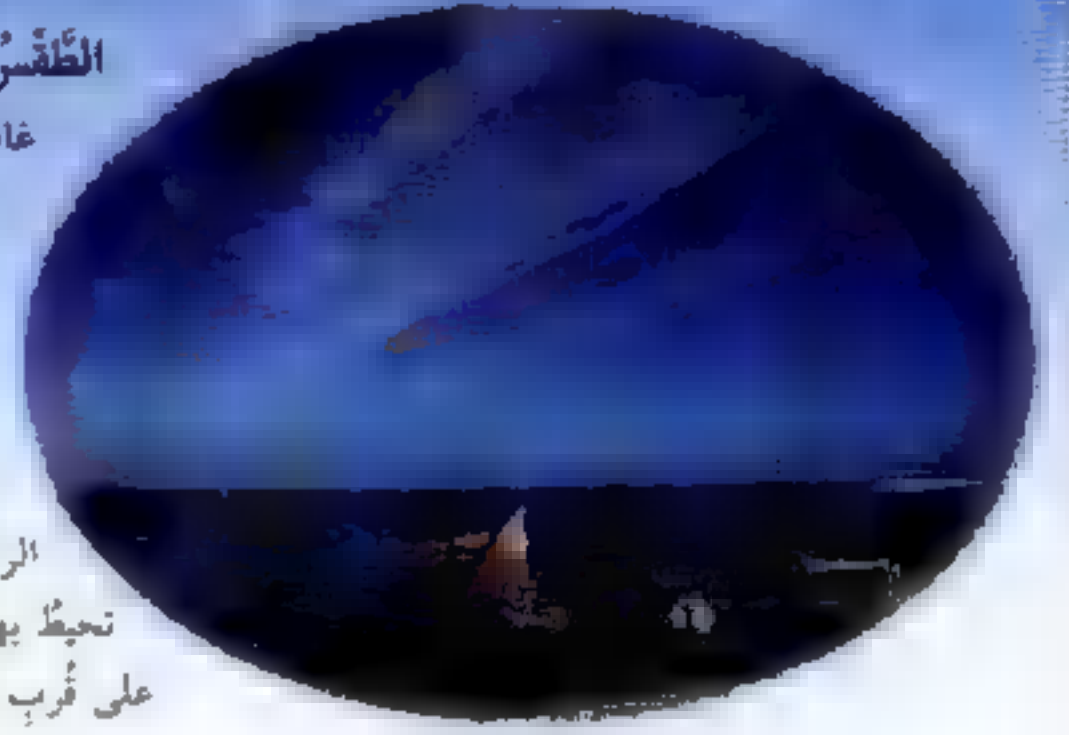
## السمحاق

تشكل السحب السمحاقية في أعالي الجو - في الأعالي المقاربة للبرد حيث يتجمد ماؤها إلى بلورات جليدية. وتكون السحب السمحاقية أحياناً طبقة كاملة من الغيوم البيضاء.

السحب مسؤولة عن الكثير من مظاهر الطقس، وهي لذلك تُعطينا بعض أفضل الدلائل عن الأحوال الجوية التي قد تطرأ خلال الساعات أو الأيام القليلة المقبلة. فإذا ما طالعناك السماء بغيوم قاتمة مُلبدة مُنذرة، عرفت أن احتمالات المطر العزير مُرجحة. أما السحب المتفشية البيضاء فتظهر في الأيام المشمسة الدافئة وتُشير باستمرار الطقس دافئاً وجافاً. هنالك ثلاثة أنواع رئيسية من السحب هي: الركامي (ذو الأكدامس المدوّرة على قاعدة مُسطّحة)؛ والطبقي (المتشّير في طبقات رُمادية خفيفة)؛ والسمحاق (المتشّير الرقيق المرتفع). وتُعتبر جميع أنواع السحب الأخرى المتباينة الأشكال والظلال مزيجاً أو أشكالاً مختلفة من هذه الأنواع الثلاثة.

## الطقس في أجواء السمحاق

غالباً ما تكون السحب السمحاقية أولى الدلائل على تهاوي الطقس الجيد؛ فتبدو الشمس، كما القمر، من خلال السحب الرقيقة المرتفعة كأنّ حالة تحيط بهما، وهي دلالة قوية على قرب تساقط المطر.



## الركامي

السحب الركامية غيوم مُتفشّة بيضاء مُسطّحة القاعدة تبدو إلى حدّ كقطع القطن هائمة في الجو. وبسبب شكلها تُسمى أحياناً السحب القُنبليّة. تتكوّن السحب الركامية بفعل قِبات الهواء الدافئة المُندفعَة صُعداً والمعروفة بالتيارات الحرارية الصاعدة.

## الطقس في أجواء الركامي

كثيراً ما تُناخذ سحب ركامية مُتفشّة صغيرة ألام الصبّ الحارّة. وهي تُخفي ليلاً حين يتردّ سطح الأرض، فلا يعود يُسخّن الهواء فوقه، ويتوقّف تصاعّد الهواء الدافئ الذي يتكوّن بها.



## الطبقي

تشكل السحب الطبقيّة أنصافاً، تتناهى حتى لقد تملأ الفضاء بكامله. وفي المناطق الجبلية غالباً ما يتغلّى سطح الأرض بطبقة من هذه السحب على شكل سديم ضبابي رطب.

## الطقس في أجواء الطبقي

لغالب السحب الطبقيّة هي أكثر أنواع السحب قُبساً للنّفس إذ إنّها تُجلب طقساً غمّاً مُستحيراً رقاداً بالمطر أو بساقطات الثلوج.



## لوك هوازد

في العام ١٨٠٣، استنبط لوك هوازد (١٧٧٢-١٨٦٤)، خُطّة لتصنيف أنواع السحب تبعاً لشكلها وعلوّها عن سطح الأرض. كان هوازد صيدلياً وهاويّاً أرضادياً حادّفاً. وقد حاول عبثاً إيجاد علاقة بين الطقس وأوجه القمر. وقد استُخدم هوازد أسماء لاتينية لتمييز أنواع السحب، إذ كانت اللاتينية قديماً الاستخدام في أنظمة تصنيف الحيوانات والنباتات.







# تكوُّن السُّحب

يتشربُّ الهواء الماء من الأنهار والبحيرات والبحار كما الإسفنجة. ويكون هذا الماء في الحالة الغازية أي بخارًا. وبخار الماء هذا هو الذي يُكوِّن السُّحب، إذ إنَّ السُّحب تتألف أساسًا من قطرات الماء. عندما يرتفع الهواء، الملامس لسطح الأرض، في الجوّ يبرد، ويتكثف بعض من بخاره قطرات تتجمّع فتكوِّن السُّحب. أسباب ارتفاع الهواء في الجوّ عديدة: فقد يرتفع لسخونته بملامسته سطح الأرض الدافئ، أو لأنَّ جبهة من الهواء البارد اندفعت تحت الهواء الساخن رافعة إيَّاه إلى أعلى، أو قد يرتفع في مساره صاعدًا عبر التلال والجبال.



## سحابة في قارورة

يُمكنك تخليق سحابة في قارورة لداثية كما يلي: إنَّ القارورة ماء حارًا (لا تستعمل ماء في درجة الغليان لئلا تنفجر القارورة). أترك القارورة لمدة خمس دقائق ثم ارفع ثلاثة أرباع الماء منها. الآن ضع مكثف من الجليد (في طبق) فوق فتحة القارورة وراقب التغيُّم الحاصل. يحصل التغيُّم لأنَّ بعض الماء يتحوّل إلى بخار في الهواء الدافئ. وعندما يمرُّ هذا بالمنطقة الباردة قرب مكثف الجليد، يتحوّل بخار الماء إلى قطرات تُكوِّن السحابة.



مع توالي ساعات النهار يترادّد الهواء الساخن المرتفع، ويتزايد بالتالي تكاثف البخار، فتتضخّم السُّحب أكثر فأكثر.

يبرد الهواء أثناء ارتفاعه ويتكثف محتواه من بخار الماء قطرات تتجمّع فتكوِّن السُّحب.

الشمس تسخن سطح الأرض، فيسخن الهواء الملامس له، ويرتفع في الجوّ.

## السُّحب والتّدي

تكوِّن السُّحب عندما يرتفع بخار الماء في الهواء عاليًا في الجوّ فيبرد ويتكثف. وتُسمّى درجة الحرارة التي يبدأ عندها التكاثف نقطة التّدي أو نقطة التكاثف - علما أن بخار الماء لا يتحوّل إلى قطرات ما لم تتواجد في الهواء جسيمات صغيرة، كالغبار أو الدخان، يتكثف عليها - فلا تتكوّن السُّحب إذا كان الهواء نظيفًا بالغة النقاوة.

## التيارات الحرارية الصاعدة

تكوِّن السُّحب علامة مُفيدة لربابية الطائرات الشراعية. يسترشدون بها إلى مواقع تصاعد الهواء الدافئ. فيفيد هؤلاء من تيارات حرارية صاعدة لتكسيهم رَفْعًا. كذلك تستخدم كواير الطير التيارات الحرارية الصاعدة لتساعدتها في البقاء مُحلقة في الهواء تُفكّش عن طعام لها على سطح الأرض.



على المقياس الثماني، يُمثّل الخط العمودي، غُزّ الدائرة، أوكتا ١٠. وهذا يعني أن الغيوم رقيق جدًا.

أوكتا ٤٠، تعني أن يغطف السماء مغطى بالغيوم، وُثْمُنُ بِنَضَفِ دائرة مُظَلَّل.

أوكتا ٨٠، هي أعلى درجة على المقياس الثماني. وتعني أن السماء مغطاة تمامًا بالغيوم، وُثْمُنُ بدائرة مُظَلَّل بالكامِل.

## قياس التغيُّم

يقيس علماء الأرصاد الجوية كمّيّة الغيوم التي تغطي السماء بوحدة تدعى أوكتا، حيث تُمثّل الأوكتا الواحدة تغطي ثمن السماء بالغيوم. وُثْمُنُ عدّة الأوكتات على خارطة الطقس بدائرة جزئية التظليل.

- سحابة صافية ○
- أوكتا ١ ○
- أوكتا ٢ ○
- أوكتا ٣ ○
- أوكتا ٤ ○
- أوكتا ٥ ○
- أوكتا ٦ ○
- أوكتا ٧ ○
- أوكتا ٨ ○

## لمزيد من المعلومات انظر

- تغيّرات الحالة ص ٢٠
- القوى في الموانع ص ١٢٨
- انتقال الحرارة ص ١٤٢
- ضغط الهواء ص ٢٥٠
- السُّحب ص ٢٦٠
- الصقيع والتّدي والجليد ص ٢٦٨
- دورات في الغلاف الحيوي ص ٣٧٢



# الضباب والشمورة والضخان



خَفَضَ ضوء المصابيح الامامية يَكون  
دون انعكاسها على قطرات الماء في  
الضباب مباشرة نحو السائق.

السُّحُب التي تتكوَّن قُرْب سَطْح الأرض تُدعى ضبابًا  
أو شَمُورَة. وهي، كَسِوَاهَا من السُّحُب، تتكوَّن بتكثُّف  
بُخَارِ الماء، في الهواء المُشَبَّع، عندما يَلامِسُ  
الهواء أرضًا باردة. وإذا كان مَدَى الرُّؤية عَبرَ  
السَّحاب يَتَراوحُ بين كيلومتر واحد  
وكيلومترين يُعرف هذا السَّحابُ بالشمُورة؛  
أما إذا كان المَدَى دونَ الكيلومتر الواحد  
فيسمَّى السَّحابُ ضبابًا. والضباب  
الكثيفُ هو أَكثَرُ السُّحُبِ خُطُورةً على  
جميع وسائل النقل - من سيارَات  
وسُفن وطائرات.

## السيارة في الضباب

على سائقي السيارات الاحتياض الشديد من  
الضباب، وعليهم خَفَضُ نُورِ مصابيح سياراتهم  
الامامية نحو الأرض. إن توجية أنوار هذه  
المصابيح بكامل شدتها عاليًا بِخِوَاذَةِ الطريق  
يُشَوِّشُ الرُّؤية لأنَّ النورَ المُعْكِسَ على قطرات  
الماء في الضباب يَرتدُّ نحو عيني السائق مباشرة.



## الضخان

الضخان مزيج  
من الدخان  
والضباب. ففي المَدَى  
الكبير، يحوي الهواء

فِيضًا من الجسيمات الإضافية بفعل الدخان المُتَطاوِل من  
مُختلف المصانع والمُشَاعَات، فيتكثَّفُ بخارُ الماء على تلك  
الجسيمات مُكوِّنًا الضخان. وتَزيدُ الأمرُ سوءًا ظاهرةُ  
الانقلاب - أي ازدياد درجة الحرارة بالارتفاع بدل أن  
تَختَفِضَ - فتَمنعُ طبقةَ الهواء الدافئِ الهواءَ السَّطحيَّ،  
والملوثات التي يحتويها، من الارتفاع. ويُمكنُ حدوثُ هذا  
أيضًا في مناطق مثل لوس أنجلوس، في كاليفورنيا، بالولايات  
المتحدة، حيث يُختَبِضُ الهواءُ بفعل الجبال المُكَثِّفة.

## ضباب الإشعاع الأرضي

النوع الشائع من الضباب هو ضباب الإشعاع. ففي  
الليالي الصافية والسماء خَلَوُ من غُيوم تخفِّضُ الحرارة،  
يَتَرَدَّدُ سَطْحُ الأرض بِسرعة، لِكَثْرَةِ ما يُشعُّ من حرارة  
الأرض، ويَتَرَدَّدُ كذلك الهواءُ المُلامِسُ له. فإذا انخفضت  
درجة الحرارة دون درجة التَدْي، يتكثَّفُ بخارُ الماء في  
الهواء مُكوِّنًا ضبابًا على مُقَرَّبَةٍ من سَطْحِ الأرض.

الهواء الدافئ فوقه  
يَمنعُ افلات الضباب.

يتكوَّن الضبابُ  
فوق البحر



أمشاط تمنع اندفاع  
الضباب إلى الداخل  
(نحو البر).

إتجاه الرياح

البحر

## ضباب تأقني

يتكوَّن الضباب والشمُورة غالبًا فوق الأنهار والبحار. فيَتَبَخَّرُ الماء من  
النهر أو البحر؛ وفي صباح باكر بارد، يتكثَّفُ إلى شَمُورَة فوق المياه.  
وعندما يَهْبُ هواء دافئ فوق البحر البارد يَتَجُّ نوع من الضباب يُعرف  
بالضباب التأقني. وهو في الواقع طبقة من الضباب تتكوَّن فوق الماء  
مباشرةً مُفَصَّمةً بين مياه البحر والهواء الدافئ فوقها. ولا يندفع  
الضباب التأقني نحو البر إلا إذا كانت الأرض من حوله خفيفة.

## ضباب جبال الجليد

تُغطِّي جبال الجليد غالبًا بالضباب لأنَّ الهواء حولها  
بارد والمياه، حيث هي طافية، أدفأ. وهكذا يتكثَّفُ  
الماء المُشَبَّع في الهواء البارد حول جبل الجليد مُكوِّنًا  
ضبابًا. في العام ١٩١٢، اصطدمت باخرة التَّيْنِك  
بجبل جليد فاشطرت وهلك الكثيرون، لأنَّ بخارَها  
رُبَّمَا لم يَروا جبل الجليد المُحاط بضباب كثيف.



## الضخان الأصفر الكثيف

حدث مرَّة أن غَطَّى الضخان الأصفر الكثيف مدينة  
لندن، بإنكلترا، كما يبدو في الصورة أعلاه المُلتَقَطَة  
عام ١٩٥٢. ويُعزى ذلك أساسًا إلى قُرْب الدخان  
المُتصاعد من حَرِّق الفحم الحجري في المصانع  
والمنازل. ولم يكن ذاك الضخان مِمَّا يَسْتَهان به،  
فقد تَسَرَّب إلى داخل المباني مُسبِّبًا لِلكَثِيرين مشاكل  
في الحَلْق والعَيْنين والتنَفُّس؛ كما لاقى العديد من  
الناس حتفهم بسببه. والجدير بالذكر أنَّ إبرام قوانين  
الهواء النظيف في الخمسينيات من هذا القرن جعل  
مشاكل الضخان الكثيف الأصفر شيئًا من الماضي.

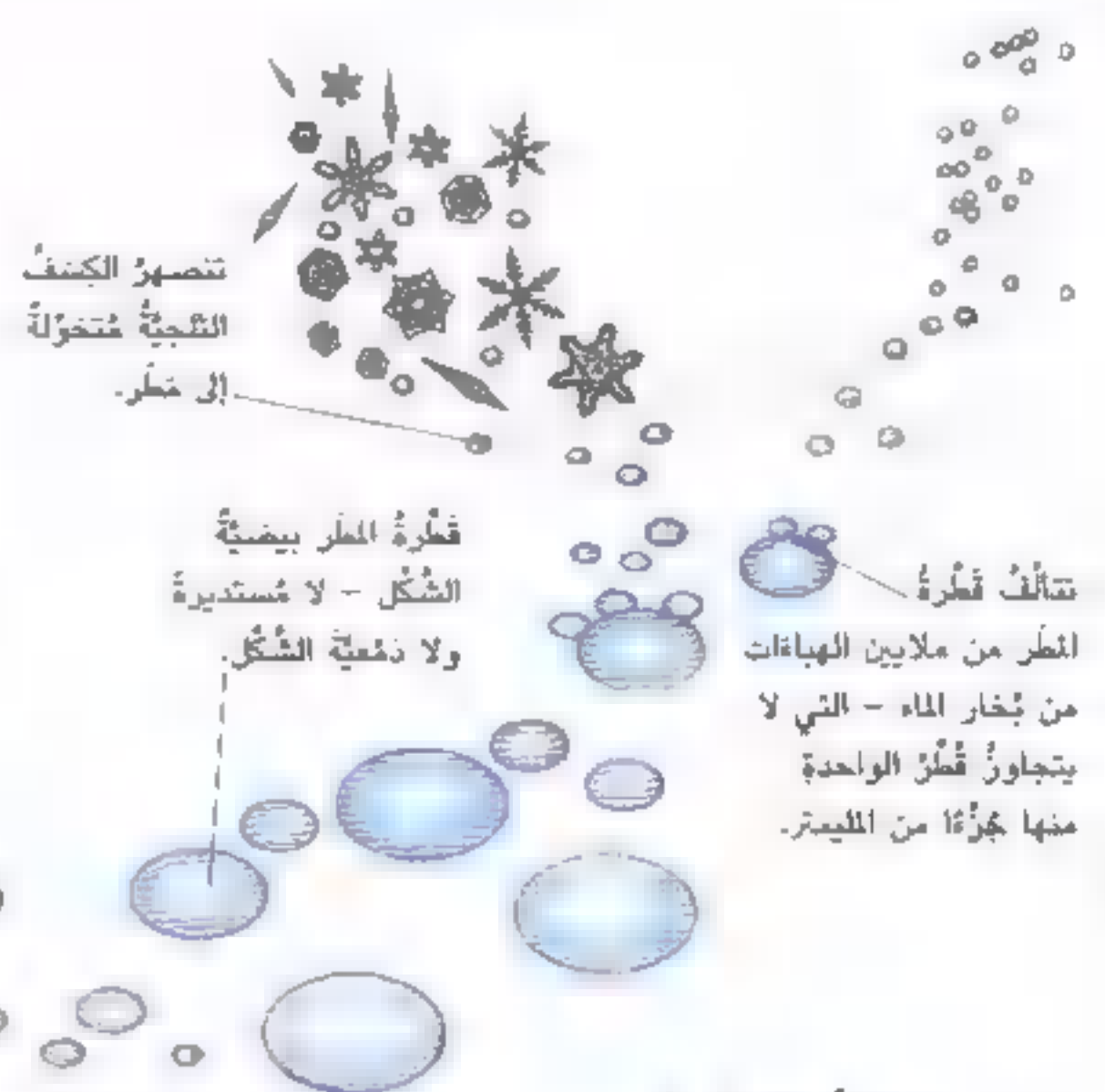
## لزيد من المعلومات انظر

- تغيُّرات الحالة ص ٢٠
- انتقال الحرارة ص ١٤٢
- الانعكاس ص ١٩٤
- تكوَّن السُّحُب ص ٢٦٢
- دورات في الغلاف الجوي ص ٣٧٢



# المطر

تعتمد الحياة في البر على المطر، فهو يغذي الأنهار ويملأ البحيرات، ويجعل البزور تنبت وتنمو، ويوفر لنا مياه الشرب. ففي بعض المناطق تمجّل الزروع إذا أنحست الأمطار موسماً واحداً فقط ويموت آلاف الناس جوعاً. كذلك فإن الأمطار المفردة الغزارة مشكلة، فالفيضانات قد تدمر المنازل والمزارع وتقضي على الكثير من الأحياء البرية. والمعروف أن المطر لا يهطل من سماء زرقاء صافية، فهو لا يتكوّن إلا في السحب، وفي المُنزني الركامي أو الطبقي منها عادةً. والماء الذي يهطل من السحب بمختلف أشكاله يدعى تساقطاً وتحدّد درجة حرارة الهواء، داخل تلك السحب وخارجها نوعية هذا التساقط مطراً أو ثلجاً أو شفافاً أو برداً.



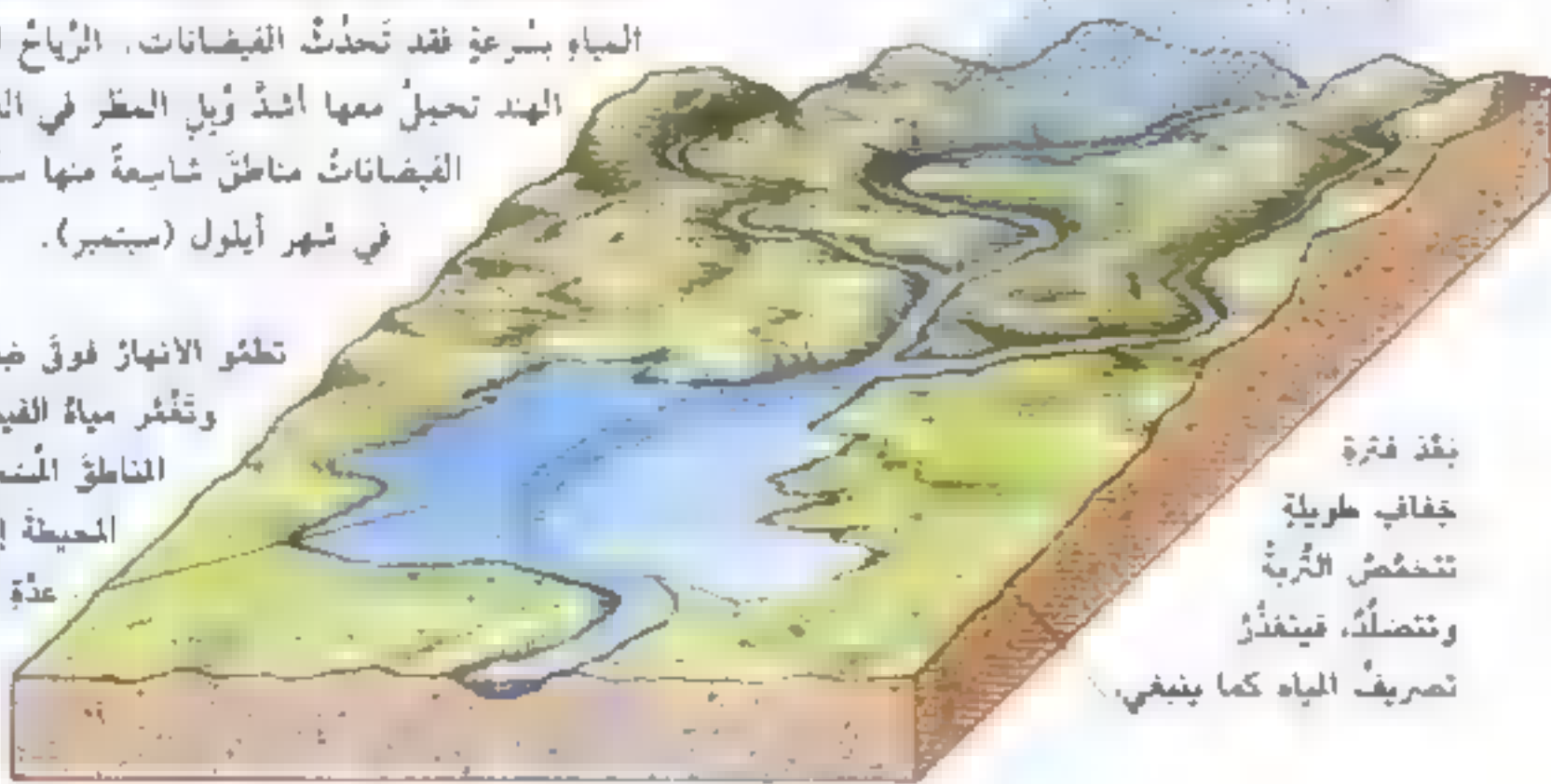
## كيف يتكوّن المطر؟

خارج المناطق المدارية، يبدأ معظم المطر ثلجاً حتى في فصل الصيف. ففي السحب العالية تكون درجة الحرارة دون درجة التجمّد، فتتكوّن البلورات الجليدية وتتنامى إلى كسوف ثلجية تسقط من السحاب فإذا كانت درجة حرارة الهواء الأقرب إلى سطح الأرض فوق درجة التجمّد، تتصهر تلك الكسوف الثلجية أثناء سقوطها وتهطل مطراً. أمّا في المناطق المدارية، حيث الغيوم دافئة، فيتكوّن المطر عندما تصادم قطرات الماء المجهرية وتتكتل معاً، فتثقل فوق إمكانية ظلّها في الجو وتتساقط مطراً. وفي السحب الرقيقة يحدث التصادم بين قطرات أقل فتكون قطرات المطر المتساقطة أصغر كثيراً وتُعرف بالبرذاذ.

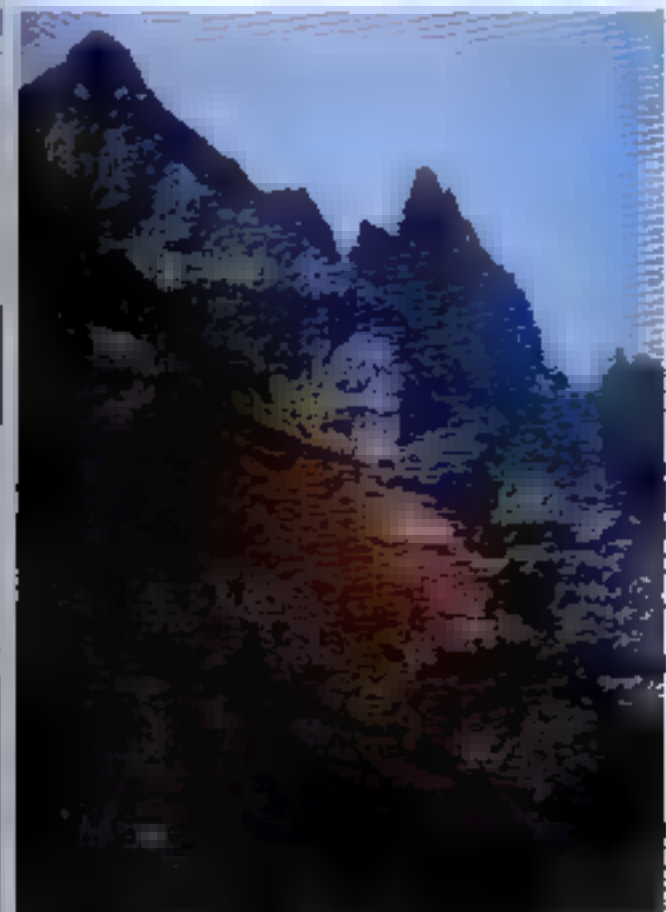
## الفيضان

إذا كان تهطل المطر غزيراً ومثواصلاً، وتغذّر تصريف المياه بسرعة فقد تحدث الفيضانات. الرياح الموسمية في الهند تحيل معها أشدّ وابل المطر في العالم، فتغمر الفيضانات مناطق شاسعة منها سنوياً - عادةً في شهر أيلول (سبتمبر).

تطهو الأنهار فوق ضفافها، وتغمر مياه الفيضان المناطق المنخفضة المحيطة إلى عمق عدّة أمتار.



## بيان المصطلحات في خريطة معدل المطر السنوي



## معدلات المطر السنوية في العالم

نحصل مناطق العالم المختلفة على كميات مختلفة من المطر؛ وذلك لأسباب عديدة. ففي المناطق المدارية مثلاً، تساقط الأمطار بغزارة لأن كميات كبيرة من مياه البحار الدافئة تتبخر وتتحوّل إلى غيوم. وتحصل المناطق الساحلية، القريبة من البحر، عادةً على كميات من المطر أكثر من المناطق الداخلية البعيدة عن البحر. وقد تعرّض سلاسل الجبال الرياح المحمّلة بالغيوم المطيرة فتسقطها في جانب، وتبقى السقوح في الجانب الآخر جافة. أمّا في الصحاري الجافة فإنّ كلّ الهواء تسخن وتجفّ عند اقترابها من سطح الأرض.

بسطرة قياس

## قياس كمية المطر

تُقاس كمية المطر بالمليمتر، أو بالإنش، بواسطة مقياس المطر. ويتألف هذا من قمع يتلقّى مياه المطر ويضيقها في أسطوانة تحته. ثمّ يُقاس ارتفاع الماء المتجمّع في الأسطوانة، وبه تتحدّد كمية المطر المتساقط.



## رقم قياسي لمعدل المطر

على قمة جبل واي إيلالي، في جزيرة كاواي، بهواي، يهطل المطر حوالي ٣٥٠ يوماً في السنة، فيبلغ معدّل السنوي ١٥٠٠٠ ملم. وتغزى بلدة الشطال هذه إلى ارتفاع الرياح التجارية الجنوبية الشرقية الرطبة خلال عبورها الجبل.



## الجفاف

إنجاس المطر، بحيث يقل التساقط عن ١٠٢ ملم في فترة تتجاوز الأسبوعين يؤدي إلى الجفاف. وفي غياب مستودعات التخزين تعود كمية المياه غير كافية للناس وللزروع. في بعض المناطق يستمر الجفاف الحاد سنوات عديدة. ويروى أن منطقة كالاما في صحراء أتاكاما، بالشيلي، لم تشهد أمطاراً على مدى ٤٠٠ سنة، حتى العام ١٩٧٢. فترات الجفاف غير مألوفة في المناطق المعتدلة كأوروبا وأمريكا الشمالية لكنها عادة منتظمة الحدوث في أستراليا وبعض أجزاء إفريقية وأمريكا الوسطى وآسيا.



### المطر الاصطناعي والإستعمار

يجري استعمار السحب أحياناً بذر بلورات الجليد الجاف أو يوديد الفضة عليها من الطائرات. هذه الكيماويات توفر نويات تتنامى حولها الكسيف الثلجية. وهذه تتحول إلى مطر أثناء سقوطها إلى الأرض. في الصورة أعلاه، نلاحظ بوضوح آثار زرع الكيماويات على السحب.

### السهول المتصحرة

جلال الثلاثينات من هذا

القرن تعرضت أمريكا

الشمالية فترة طويلة لرياح

غربية سائدة، فأنجس المطر عن

السهول الكبرى لوقوعها في

«ظل» جبال الروكي. وزاد الوضع

شوا أن المزارعين كانوا قد حثروا

السهول العشبية الطبيعية فجفت التربة

الطبيعية وأضرمت، ونحولت السهول العظمى

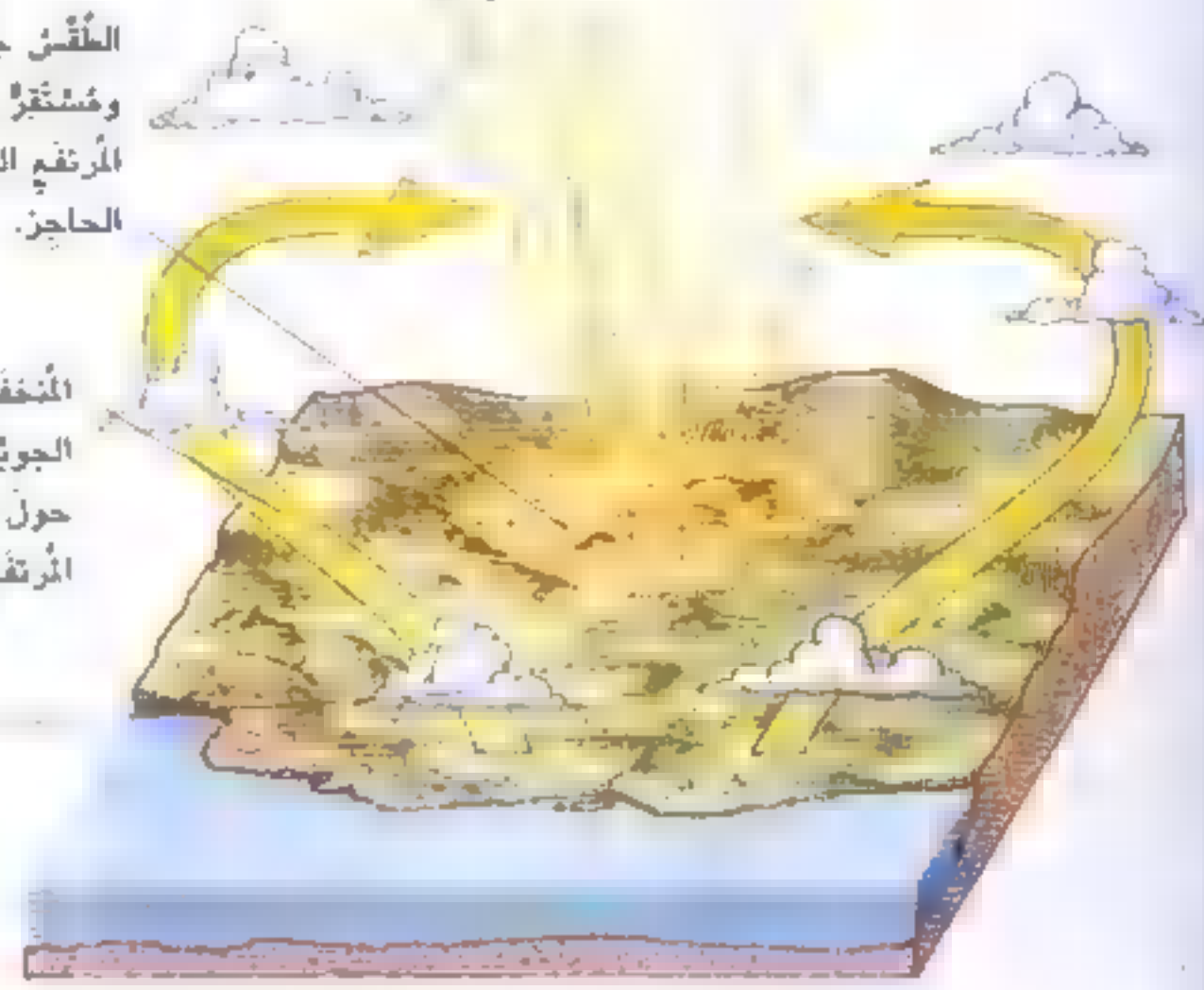
إلى منطقة جافة تكتسبها العواصف الغبارية، مما

أضطر المزارعين إلى الترحيل عن أراضيهم.

الطقس جاف  
ومستقر بفعل  
المرتفع الجوي  
الحاجز.

المنخفضات  
الجوية تدور  
حول وخارج  
المرتفع الجوي

الطقس غير مستقر بعيداً  
عن المرتفع الجوي.



### المرتفع الجوي الحاجز

قد يتسبب المرتفع (الضغط) الجوي في جلب الجفاف على منطقة منبع وصول المنخفضات الجوية المنحركة إليها. وإذا لازم المرتفع الجوي المكان مدة طويلة، فإنه ينتج أي تغير في الطقس على مدى عدة أسابيع. المرتفعات الجوية الحاجزة دائمة، فتحدث طقساً صافياً بارداً في الشتاء وجافاً حاراً في الصيف.

### البقاء في ظروف الجفاف

النبات مزهر في هذه المنطقة الجافة عادة من أستراليا - حيث يكون يساعداً فرغلي اللون على مدى بضعة أيام. والمعروف أن معظم النباتات لا تستطيع البقاء على قيد الحياة في الصحاري لأنها شديدة الجفاف، لكن بعض البزور تظل ذبينة في التربة عدة سنوات. وهي حالما يهطل المطر، سرعان ما تنبت حيويها فتزهر وتنتج بزوراً جديدة على غجل - قبل أن يجف سطح الأرض ثانية.

### حرائق الأدغال

تحدث حرائق الأدغال كثيراً في المناطق الجافة الحارة، فتتحرق الدغل مفسخة المجال أمام نبات جديد لينمو ويتكاثر - علماً أن الحرارة ضرورية لإنبات بعض البزور. فبعض أنواع نبات الأدغال يتقرض حينما يمنع الناس حدوث الحرائق فيها. وهناك اتجاه إلى ترك حرائق الأدغال تأخذ مجراها شرط ألا تهدد حياة المواطنين.



لا يصل الماء إلى قمة  
الشجرة - فتتيسر  
الأغصان العليا وتتشمر.

الماء المتوافر كافٍ لبقاء  
الأغصان السفلى فقط حية.

### النباتات العظشى

تحتاج معظم النباتات إلى مدى مستمر من الماء لبقى حية. فخلال فترة الجفاف تموت نباتات كثيرة حتى المستقر منها. ومن الأعراض البينة على أن الأشجار لا تحصل على كفايتها من ماء المطر موت أغصانها العليا وأسبرازها.



#### لمزيد من المعلومات انظر

- السحب ص ٢٦٠
- الثلج ص ٢٦٦
- البرد ص ٢٦٧
- دورات في الغلاف الجوى ص ٣٧٢
- الصحاري ص ٣٩٠
- حقائق ومعلومات ص ٤١٦



# الثلج

لا تُوجد كِسْفَتَانِ ثَلْجِيَّانِ مُتَمَاثِلَتَيْنِ تَمَامًا؛ وتَتَأَلَّفُ الواحدةُ من بِلُورَاتٍ جَلِيدِيَّةٍ مُتَمَاسِكَةٍ من بُخَارِ الماءِ المُتَجَمِّدِ. وتُقَسَّمُ أَشْكَالُ البِلُورَاتِ الجَلِيدِيَّةِ إلى حِوَالِي ٨٠ صِنْفًا، منها الإبريُّ والمُوشوريُّ واللُّوحيُّ والسَّداسيُّ والعموديُّ الشَّكْلُ. يَعْتَمِدُ شَكْلُ البِلُورَةِ على درجَةِ الحرارة والارتفاع والمُحتوى المائِي في السَّحَابَةِ التي تَكُونَتْ فيها. أمَّا الثَّلْجُ فقد يكون «رَطْبًا» أو «جافًا». ويتألفُ الثَّلْجُ الرَّطْبُ من كِسْفٍ ثَلْجِيَّةٍ كَبِيرَةٍ؛ ويتكوَّنُ في درجَةِ التَّجَمُّدِ أو دونها قليلًا. وهو مِثَالِيٌّ لِلَّهِو بِكَرَاتِ الثَّلْجِ، لَكِنَّهُ عَسِيرُ الإزَالَةِ. أمَّا الثَّلْجُ الجافُ فَمَسْحُوقِي القِوَامِ وتَسَهَّلَ إزالَتُهُ. وهو يتكوَّنُ في درجَةِ حرارةٍ دُونَ درجَةِ التَّجَمُّدِ بكثِيرٍ. والسَّفْشَافُ، في الغالبِ، ثَلْجٌ نَصْفُ مُنْصَهَرٍ، أو مَطَرٌ نَصْفُ مُتَجَمِّدٍ يتكوَّنُ عِنْدَمَا تَتَبَخَّرُ قَطَرَاتُ المَطَرِ وتَبْرُدُ أَثْنَاءَ سُقُوطِهَا.



جميع الكسيف الثلجية سداسية النمط البلوري.

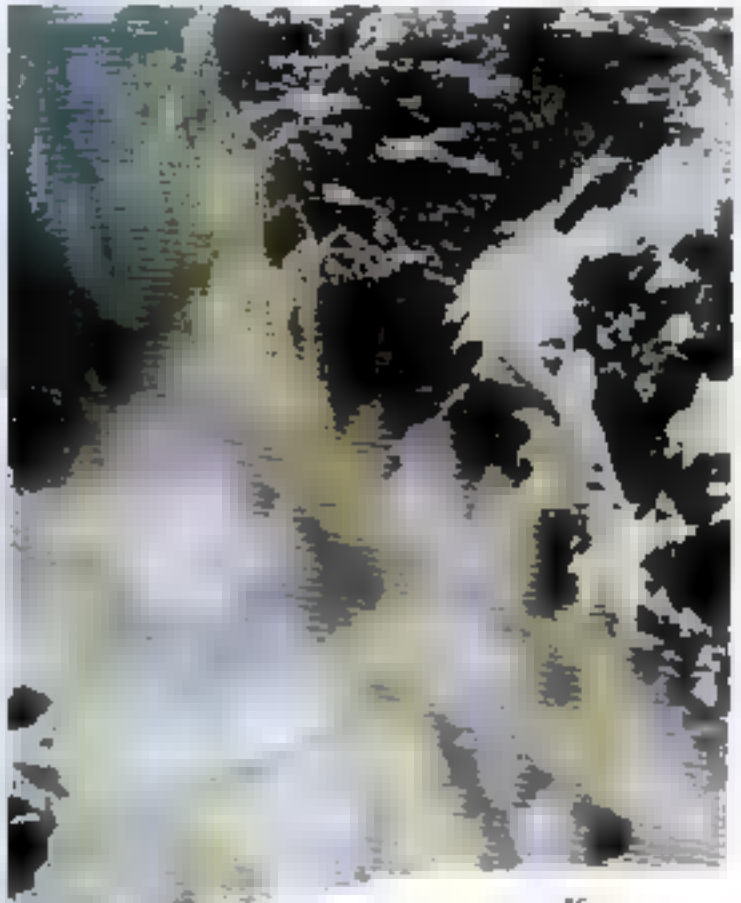
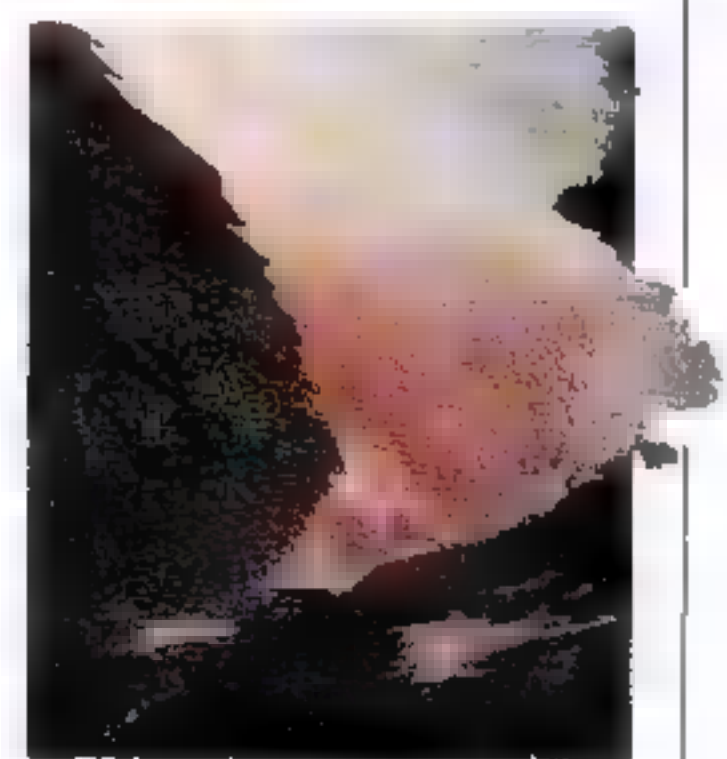


## كيف يتكوَّن الثلج

تتكوَّن البِلُورَاتُ الجَلِيدِيَّةُ في سُحُبٍ تتراوح درجاتُ حرارتِها بين - ٢٠° و - ٤٠° م. وتَنشَأُ الكِسْفُ الثَلْجِيَّةُ بِمَاسِكَ البِلُورَاتِ الجَلِيدِيَّةِ معًا وهي تُسَاقِطُ رَطْبَةً ثُمَّ تَتَجَمَّدُ مُجَدَّدًا. وهي بَعْدَ سُقُوطِهَا من سَحَابَةٍ، لا تَصِلُ إلى سَطْحِ الأرضِ ثَلْجًا إلا إذا كانت درجَةُ حرارةِ الهواءِ على، أو دُونَ، درجَةِ التَّجَمُّدِ على طُولِ مَسَارِهَا. أمَّا إذا كانت درجَةُ الحرارة فوق درجَةِ التَّجَمُّدِ، فقد تَتَبَخَّرُ البِلُورَاتُ تَمَامًا أو تَنْصَهَرُ وتَسْقُطُ سُفْشَافًا أو مَطَرًا. أحيانًا، يُشَاهِدُ السُّكَّانُ في أَعْلَى نَاطِئَةِ سَحَابٍ أَنَّهَا تَتَلَجُّ، بينما يَنْهَيئُ المَطَرُ على المَارَّةِ في الشَّارِعِ دُونَهُمْ.

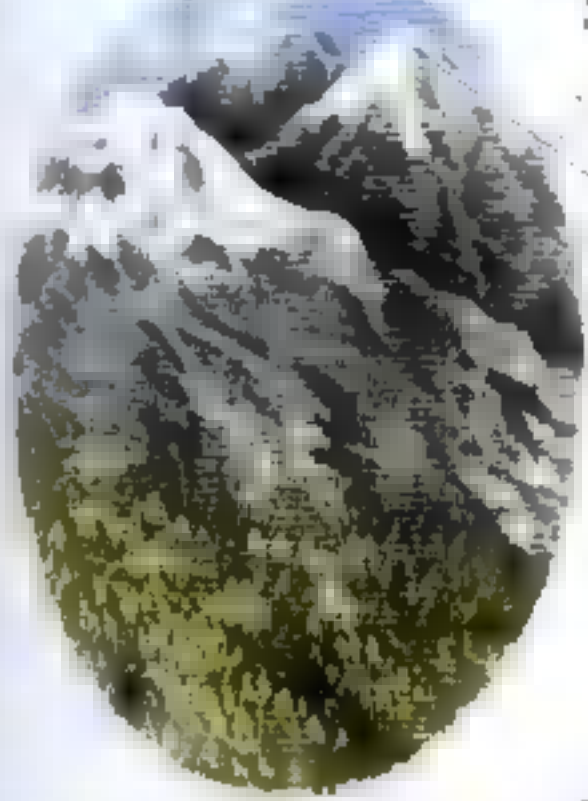
## الثلج القرنفلي

الثلج لَبَنِي أبيض دائمًا - فقد يَكُونُ قَرْنَفَلِيًّا أو أَسَمَرًا أو مُحَمَّرًا. الثَّلْجُ القَرْنَفَلِيُّ، المُمَيَّنُ في الصُّورَةِ، موجودٌ في غرينلند، ويعودُ لونه إلى لون الطحالب التي تعيش فيه. وهذا الخَضْبُ الذي يُلَوِّنُ الطحالب يَقيها أيضًا في ظُرُوفِ البَرْدِ القَارِسِ.



## الهبارات الثلجية

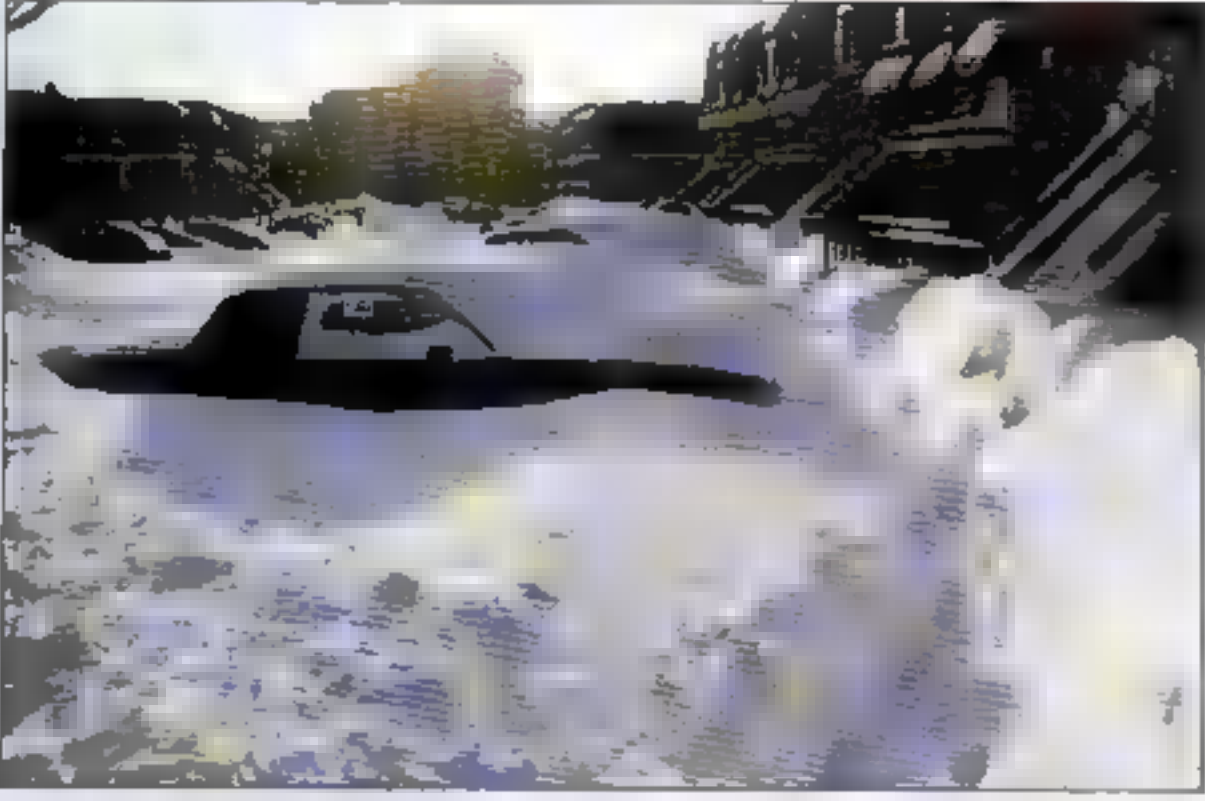
يُمْكِنُ حَدُوثُ الهَبَارَاتِ الثَلْجِيَّةِ إذا زَادَ انْجِدَارُ السَّحَابِ الجَلِي على ٢٢°. فَيَرَاكُمُ الثَّلْجُ أَكْرَامًا حَتَّى تَبْدَأَ كَمِيَّةٌ صَغِيرَةٌ مِنْهُ بِالانْزِلَاقِ فَتَتَجَمَّعُ حَوْلَهَا كُتَلٌ ثَلْجِيَّةٌ يَنْعَاطِمُ حَجْمُهَا أَكْثَرُ فَأَكْثَرُ غَيْرَ المُتَخَذِرِ. وقد يَنْجُمُ انْطِلَاقُ الهَبَارِ الثَلْجِي نَتِجَةً لِتَسَاقُطِ الثَّلُوجِ بِكَثَافَةٍ على الجَلِيدِ، أو لِارْتِفَاعِ درجَةِ الحرارة أو لِحَرَكَةِ مُتَزَلِّجٍ أو حَتَّى لَاهْتِرَازِ أَحَدُهُمْ ضَعِيجٌ مُرْتَفِعٌ.



سطح القلائس الجليدية الأبيض الصفيح يعكس حرارة الشمس فيثقلها باردة حتى خلال الصيف.

## الثلج الدائم

تَتَأَلَّفُ المَتَالِيجُ والقلائسُ الجَلِيدِيَّةُ من ثَلْجٍ لم يَسْبِقَ أَنْصَهَارُهُ؛ بل أَكْبَهَتْ جَمِيعُ البِلُورَاتِ والكِسْفِ الثَلْجِيَّةِ فيه نَحْتَ وَزْنَ الثَّلْجِ المُتَزَايِدِ المُتَسَاقِطِ فوقها. وتَتكوَّنُ القلائسُ الجَلِيدِيَّةُ والمَتَالِيجُ على قِمَمِ الجِبَالِ وعلى مَقَرَّبَةٍ مِنَ القُطْبَيْنِ.



## رغم الثلوج

عِنْدَمَا يَتَكَثَّرُ الثَّلْجُ أَرْكَامًا، قد يُخَضِّرُ النَّاسُ في أَمَاكِنِ تَوَاجُدِهِمْ - في السَّيَّارَاتِ أو دَاخِلَ المَنَازِلِ. وإذا طَمِعَ النَّاسُ، أو الحَيَوَانَاتُ، في الثَّلْجِ فَيُمْكِنُهُمُ البَقَاءُ على قَبَدِ الحَيَاةِ فِتْرَةً طَوِيلَةً، لِأَنَّ الثَّلْجَ السَّاقِطَ حَدِيثًا يَحْوِي هَوَاءً، في الفُجُواتِ بَيْنَ البِلُورَاتِ الجَلِيدِيَّةِ، يُمْكِنُ تَنَفُّسُهُ.

## لمزيد من المعلومات انظر

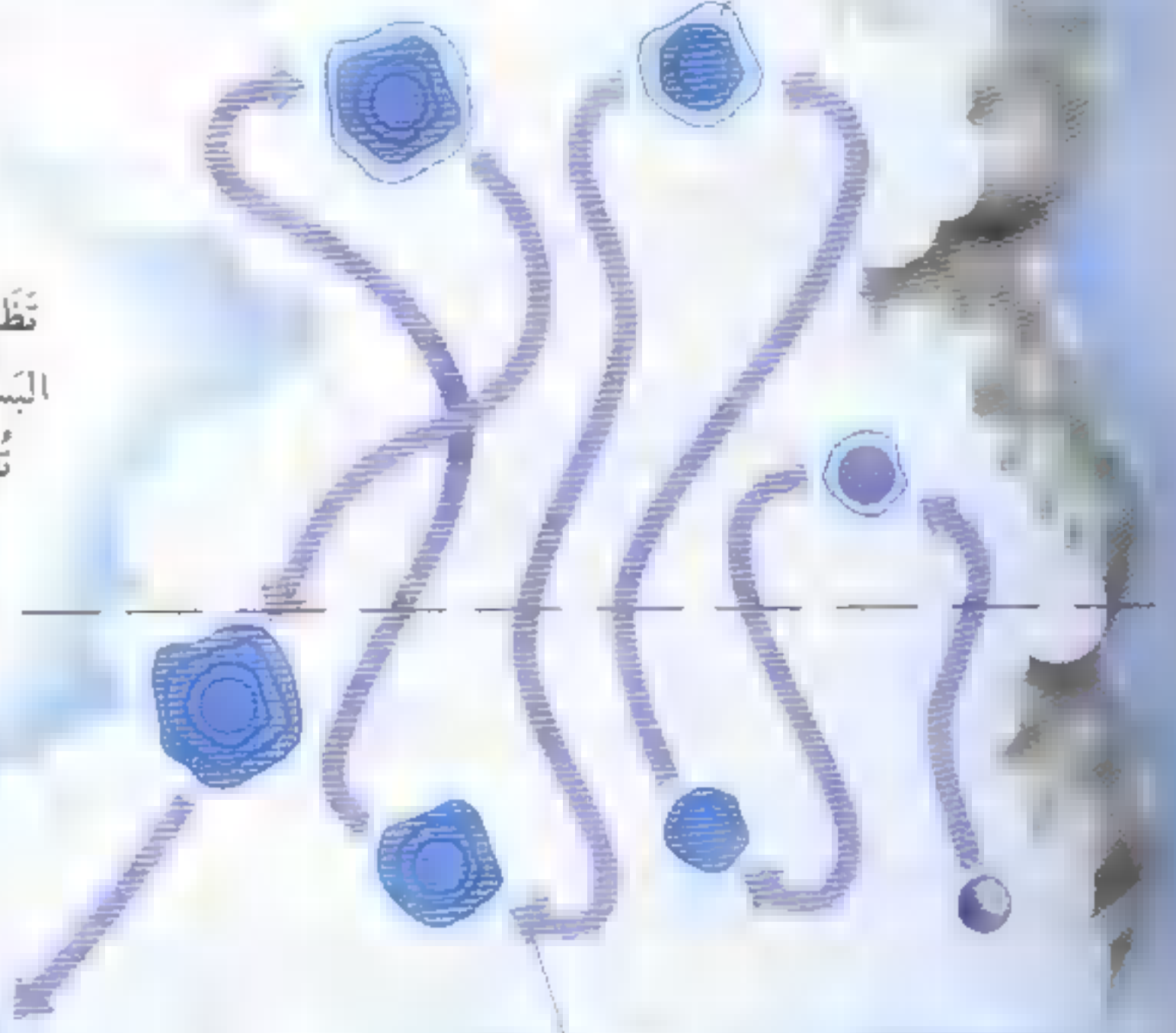
- انتقال الحرارة ص ١٤٢
- الجليد والمثلج ص ٢٢٨
- درجات الحرارة ص ٢٥١
- السحب ص ٢٦٠
- مناطق القطبين والتدرا ص ٣٨٢



## البرد

طبقة جديدة من الجليد  
تتجعد حول حبة البرد.

البرد قطرات من المطر المتجمد تتكون داخل سحابة  
مُزنية ركامية شاهقة حيث الطبقات السفلى أدفأ بشكل  
ملحوظ من درجة التجمد في الطبقات العليا. هذا  
الفرق في درجة الحرارة داخل السحابة يحدث  
تيارات هوائية قوية تتقاذف قطرات المطر صعوداً إلى  
نطاق التجمد العليا وهبوطاً إلى النطاق الأدفأ. وكئي  
تظل حبة البرد في السحابة وقتاً كافياً لتصبح بحجم حبة  
البسلي ينبغي أن تتقاذفها التيارات صعوداً وهبوطاً بسرعات  
تقارب ٣٠ م في الثانية (١٠٨ كم/سا). وخلال حركة  
البرد هذه داخل السحابة ترتطم حباته بعضها ببعض  
مُسيبة، أحياناً كثيرة، انفصال شخات كهربائية تحدث  
البرق داخل السحابة نفسها أو بين السحابة  
والأرض أو بين سحابة وأخرى.

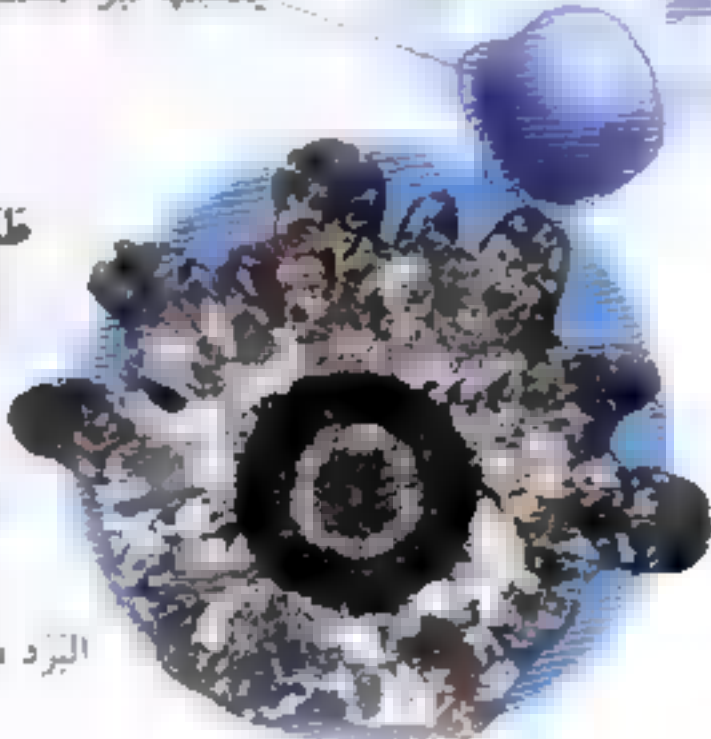


أخيراً تصبح حبة البرد من القفل بحيث لا  
يحملها جوى السحابة فتسقط إلى الأرض.

تثار الهواء الصاعد يحمل حبة  
البرد ثانية إلى أعلى السحابة.

## طبقات الجليد

يتميز المقطع العرضي المقابل  
بوضوح أن حبة البرد تتألف  
من طبقات متراصة كما  
البصلة. وتمثل كل طبقة رحلة  
صعود وهبوط قطعها حبة  
البرد داخل السحابة قبل سقوطها.



## كيف يتكون البرد؟

يشأ البرد داخل السحب الركامية المزنية الشاهقة التي قد تتنامى إلى ارتفاع  
١٠ كم. فالتيارات الهوائية القوية الصاعدة داخل السحابة تستطيع حمل قطرات  
المطر إلى طبقاتها العليا المتجمدة. وحال هبوط القطرة المتجمدة، تعود التيارات  
الهوائية فتدفعها ثانية إلى أعلى بحيث تتجمد طبقة جديدة من الجليد حولها. وتتكرر  
هذه العملية عدة مرات حتى تصبح حبة البرد ثقيلة فتسقط بثقلها إلى الأرض.

## أضرار البرد

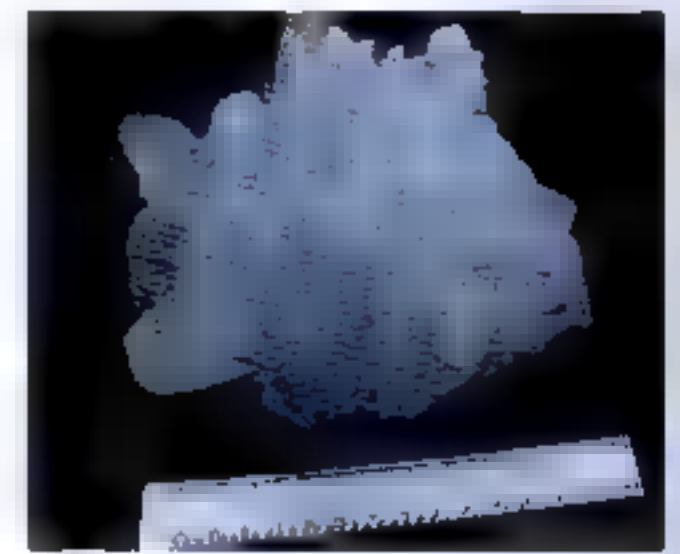
يسبب البرد بأضرار بالغة. فيتلث المحاصيل أو  
يجعلها غير صالحة للبيح، كهذا الشاح في الصورة  
المقابلة. وقد تحطم حبات البرد الكبيرة زجاج  
النوافذ وتقر البارات. وقد نبت أسراب الطيور  
الصغيرة إذا باغتها العواصف البردية دون غطاء.

## منع البرد

لقد جرت عدة

محاولات لمنع أضرار البرد

بأسبطاره: منها، مثلاً بإطلاق  
المدافع على السحب كما تبين  
هذه الصورة عن منجلة فرنسية  
صادرة عام ١٩١٠. ومنذ عهد  
فريب، أعيدت المحاولة بإطلاق  
بمورات يوديد الفضة داخل السحب  
قصد تحويل حبات البرد إلى مطر،  
لكن لما ثبت جدوى ذلك عملياً.



## حبات برد قياسية

أحياناً تبلغ حبات البرد حجم البليات (كلل  
اللعب) وأحياناً أقل، حجم كرات التيس. أما  
الحجوم المضخمة، كتلك التي سقطت في  
بنغلادش عام ١٩٨٦ وبلغ وزن الواحدة منها  
١,٠٢ كغ، فنادرة. في الصورة أعلاه، حبة برد  
ضخمة سقطت في كنساس، بالولايات  
المتحدة، عام ١٩٧٠، وبلغ محيطها ٤٣,٦ سم  
وزنها ٧٦٥ غ.

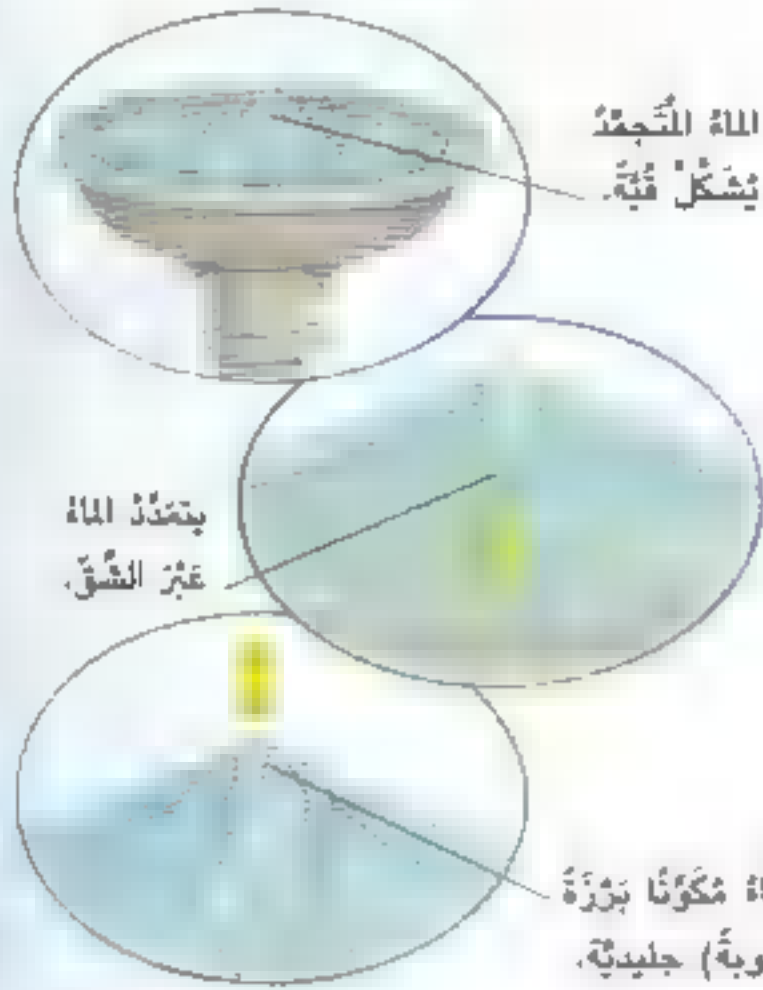
## لمزيد من المعلومات انظر

- انتقال الحرارة ص ١٤٢
- الكهربائية الساكنة ص ١٤٦
- البرق والرعد ص ٢٥٧
- السحب ص ٢٦٠
- المنظر ص ٢٦٤



# الصقيع والندى والجليد

بعد غروب الشمس تبدأ الأرض تفقد حرارتها بالإشعاع - في حين لا يفقد الهواء حرارته بالسرعة ذاتها، فتغدو الأرض أبرد من الهواء فوقها. ففي الليالي الساكنة الصافية يتكثف بخار الماء في الهواء على سطح الأرض كقطرات ندى. ويبدأ هذا التكاثف على درجة حرارة تُعرف بنقطة الندى. وإذا هبطت درجة حرارة الهواء إلى ما دون درجة التجمد، يتحول بخار الماء مباشرة إلى بلورات جليدية تغطي كل شيء بالصقيع. أحيانا تغطي الأرض بطبقة جليدية شفة تجعل الطرق زلقة - ويحدث ذلك حين يسقط المطر عبر طبقة هواء باردة جدًا على أرض درجة حرارتها دون درجة الصفر المئوية، فيتجمد المطر إلى جليد يبدو قاتماً لأن الأرض ترى من خلاله.



الماء المتجمد  
يشكل قبة

يتجمد الماء  
عبر الشقوق

يتجمد الماء مكوناً بؤرة  
(دالة مقلوبة) جليدية

## الصقيع الفضّي

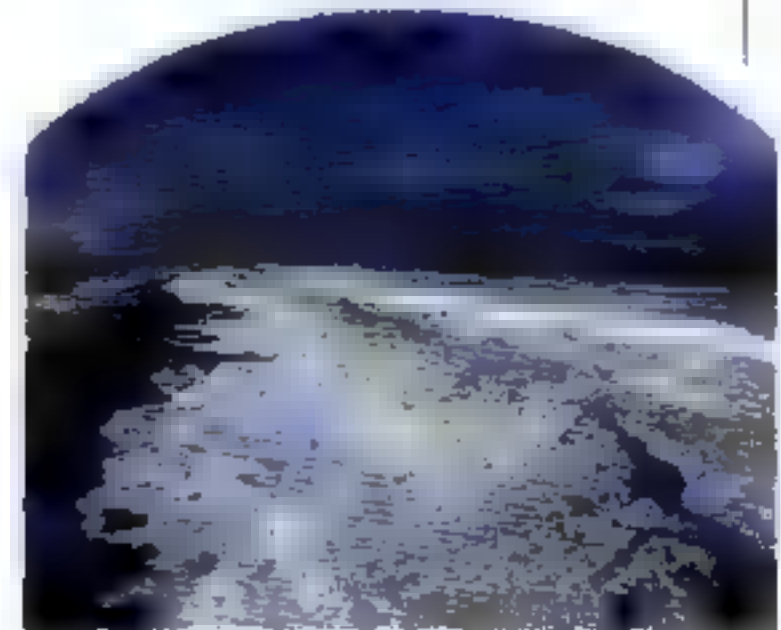
يحدث الصقيع غالباً في الليالي الباردة حين السماء خالية من السحب التي تعيق شع الحرارة من الأرض. والصقيع الفضّي هو الأكثر شيوعاً حيث يغطي سطح الأرض وأوراق الأشجار وأغصانها، وحتى شباك العناكب، بطبقة رقيقة من البلورات الجليدية الدقيقة. ويكون الصقيع الفضّي أحياناً من البياض والسماعة بحيث يبدو كطبقة من الثلج.

قلما يكون الجليد على نهر أو بحيرة  
ذا سماكة كافية للتزلج فوقه.



## الماء المتجمد

في الطقس البارد جداً قد تتكون طبقة من الجليد فوق الأنهار والبحيرات، وقد تبدو سمكة قوية عند أطرافها، لكنها تحوي بقاً واحدة حيث يرق الجليد. لذا من الخطر السير على الماء المغطى بالجليد. الأسماك لا يضرها هذا الغطاء الجليدي، بل هو في الواقع يحميها إذ يمنع تجمد المياه تحته.



## تجمد البحر

لا تتجمد البحار عادة لأن الماء المالح يتجمد على درجة حرارة دون درجة تجمد الماء العذب. لكن ثبّة البرودة قد تجمد ماء البحر، بخاضة على مقربة من السواحل.

## دلاوات جليدية مقلوبة

تتكون «الدلاوات» الجليدية أحياناً كنزوات في البريكات الضحلة أو مغاطس العصفير، لأن الماء المتجمد يتمدد فيدفع قبة صغيرة من الجليد صفاً. فإذا تشققت القبة بتزايد التجمد يندفع الماء من تحنها عبر الشقوق ويتجمد، ويكرر هذه العملية عدة مرات تتكون البرزات (التنوعات) الجليدية.



## بركة ندى

الندى الذي يتكون خلال الليل يغطي سطح الأرض في الصباح الباكر، وعند شروق الشمس وأبعث الدفء يتبخر في الهواء. يطنع بعض المزارعين بركاً للندى - ليست سوى حفر واسعة ضحلة في المواقع الخفيفة من حقولهم - يتجمع فيها الندى فتشره الحيوانات عند طلوع النهار. وقد تواجد برك الندى هذه طبعاً.

## سمك الجليد في القارة القطبية (الجنوبية)

إن المياه حول القارة القطبية الجنوبية شديدة البرودة بحيث تجمد الدم في عروق الأسماك العادية. أما الأسماك التي تعيش في تلك المياه فقد طوّرت طبيعياً بعض الكيماويات في دميها لمقاومة التجمد - تماماً كما يمنع مقاوم التجمد تجمد الماء في شمع السبارة أثناء برد الشتاء.



## لمزيد من المعلومات أنظر

- تغيرات الحالة ص ٢٠
- انتقال الحرارة ص ١٤٢
- الجليد والمثلج ص ٢٢٨
- الثلج ص ٢٦٦
- مناطق القطبين والتندرا ص ٣٨٢

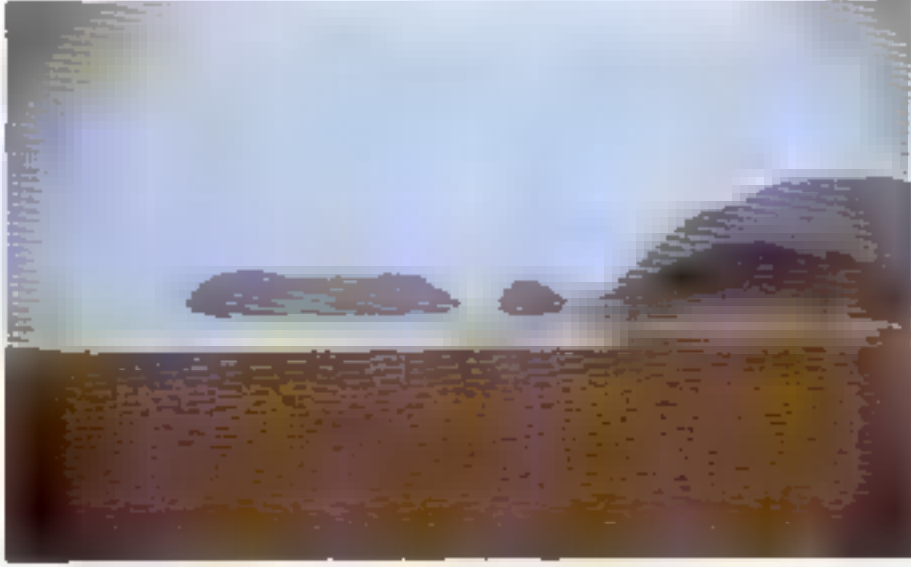


# ظواهر وتأثيرات غير عادية



## نار القديس إلمو

في الأجواء العاصفة قد يُشاهد توهج كروي أخضر مُزرق كاليزق على الأجسام المُستديقة الأطراف. وقد أطلق البحارة على هذه الظاهرة فوق صواري السفن اسم نار القديس إلمو. ويُشاهد هذا التوهج اليوم أحياناً على أطراف أجنحة الطائرات وماينات الصواريخ.



## الشراب

الشراب يقترن ذهنيًا بالصحاري الحارة؛ لكن يمكن مشاهدته على طريق مُعبد في يوم حار. المعروف أن الضوء ينكسر (ينحني) أثناء انتقاله من الهواء الدافئ إلى الهواء البارد. فعندما يكون الهواء الملاصق لسطح الطريق أسخن من الهواء فوقه، تنكسر أشعة الضوء مُعَدًا بحيث تبدو كأنها آتية من غير المكان الذي انطلقت منه؛ لذا يبدو السطح كأنه بركة ماء. والواقع أن ما نراه هو صورة للفضاء، لأن أشعة الضوء من الجو تبدو كأنها آتية من سطح الطريق.

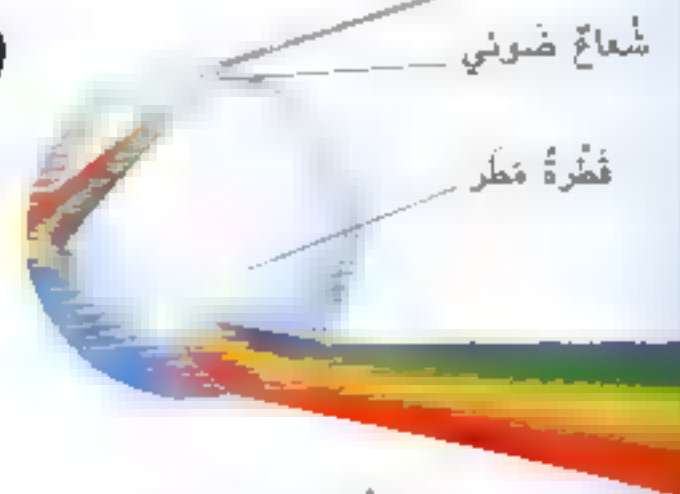
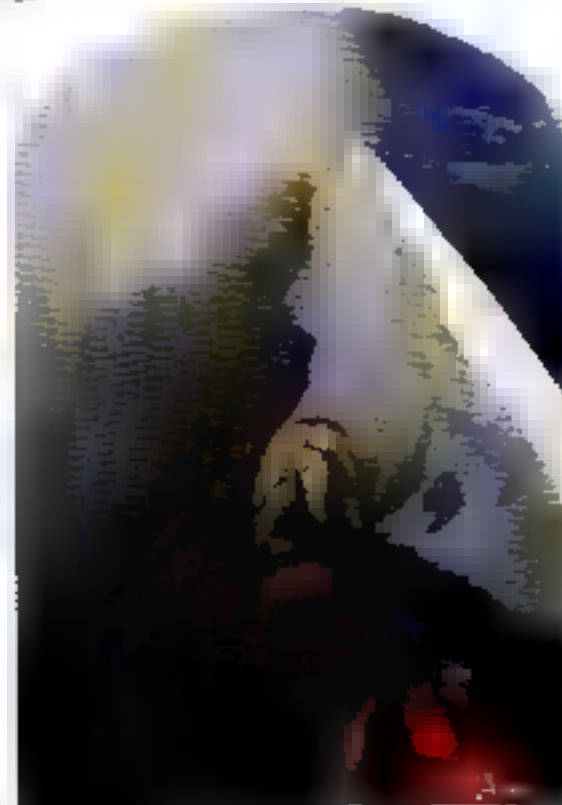
لوان قوس قزح من الخارج إلى الداخل هي كما يلي: الأحمر، البرتقالي، الأصفر، الأخضر، الأزرق، النيلي والبنفسجي.

## هالنا القمر

تتكون هالنا حوال القمر أحياناً عندما يقد ضوء القمر غير بلوريات جليدية عالية في الفضاء. فيرند الضوء المنعكس على البلورات بزاويتي ٢٢ أو ٤٦ مؤلفاً هالين منفصلتين. وتكون الهالين عادة غير مُكتملتين، وغالباً ما تُشاهد الضغرى منهما فقط. هذا ويمكن مشاهدة هالات حوال الشمس أيضاً.

## شيخ بروكين

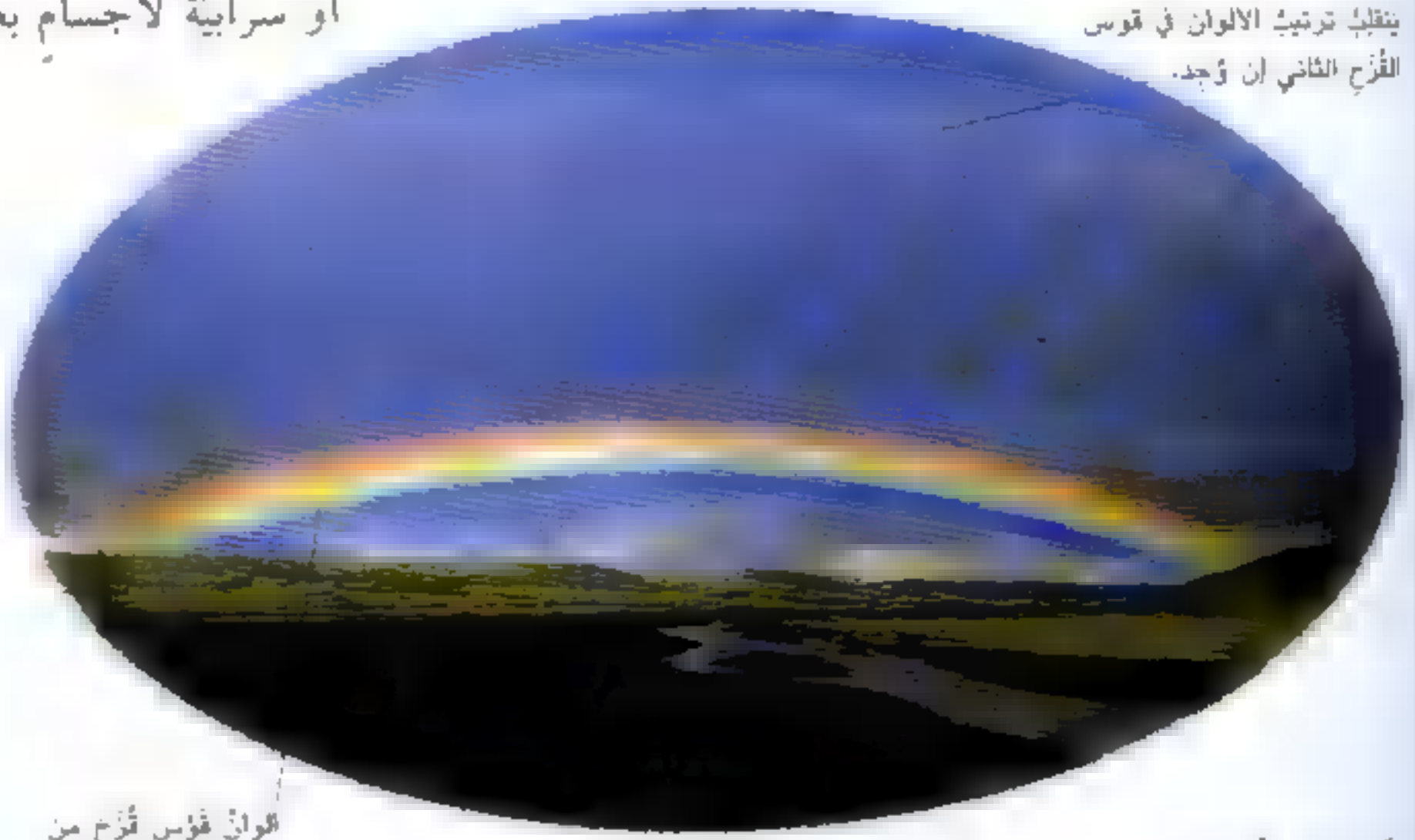
يمكن مشاهدة ظاهرة قريضة عندما تكون الشمس خفيفة في السماء، بخاضة في المناطق الجبلية - إذ تبدو ظلال الأشياء والناس ضخمة هائلة على الضباب أو السحب الواقعة تحتها. ويُعرف هذا الظل بـشيخ بروكين نسبة إلى جبل بروكين في ألمانيا - حيث تُشاهد هذه الظاهرة.



## تحلل ضوء الشمس

تعمل قطرة المطر كموشور صغير، فينكسر شعاع الضوء النافذ إليها وينعكس بداخلها، ثم ينكسر ثانية وهو يُغادرها.

ينقلب ترتيب الألوان في قوس القزح الثاني إن وُجد.



## أقواس قزح

يمكنك مشاهدة قوس القزح فقط عندما تكون الشمس خلفك ورؤد المطر أمامك. فهذه الأقواس تتكون عند نفاذ أشعة الشمس في ملايين قطرات المطر. تعمل القطرات المعلقة في الهواء كموشورات صغيرة تحلل ضوء الشمس المار بجلالها، كما هو موضح أعلاه، إلى ألوان الطيف السبعة التي تولد قوس القزح. وقوس القزح هو في الواقع جزء من دائرة كاملة تحجب الأرض مُعظمها. لكن من ارتفاع شاهق، من طائرة مثلاً، ومع شيء من الحظ، قد تُشاهد الدائرة اللونية كاملة.

## جون تيندال

اهتم العالم البريطاني، جون تيندال (١٨٢٠ - ١٨٩٣)، بدراسة المثالي، وكان من أوائل مُتسقي جبل مايزهورن في الألب السويسري. وله أيضاً



أبحاث في الضوء وظاهرة استقطاره بالجزيئات الكبيرة والغبار. هذه الظاهرة المعروفة باسمه هي سبب رؤيتنا لحزم الأشعة من نور الشمس. وارتأى تيندال أن زُرقة السماء عائدة إلى كَوْن استقطارة الجزء الأزرق من نور الشمس في السماء أيسر كثيراً من استقطارة سواها من الألوان الأخرى؛ وقد أثبت أينشتاين صحة ذلك فيما بعد.

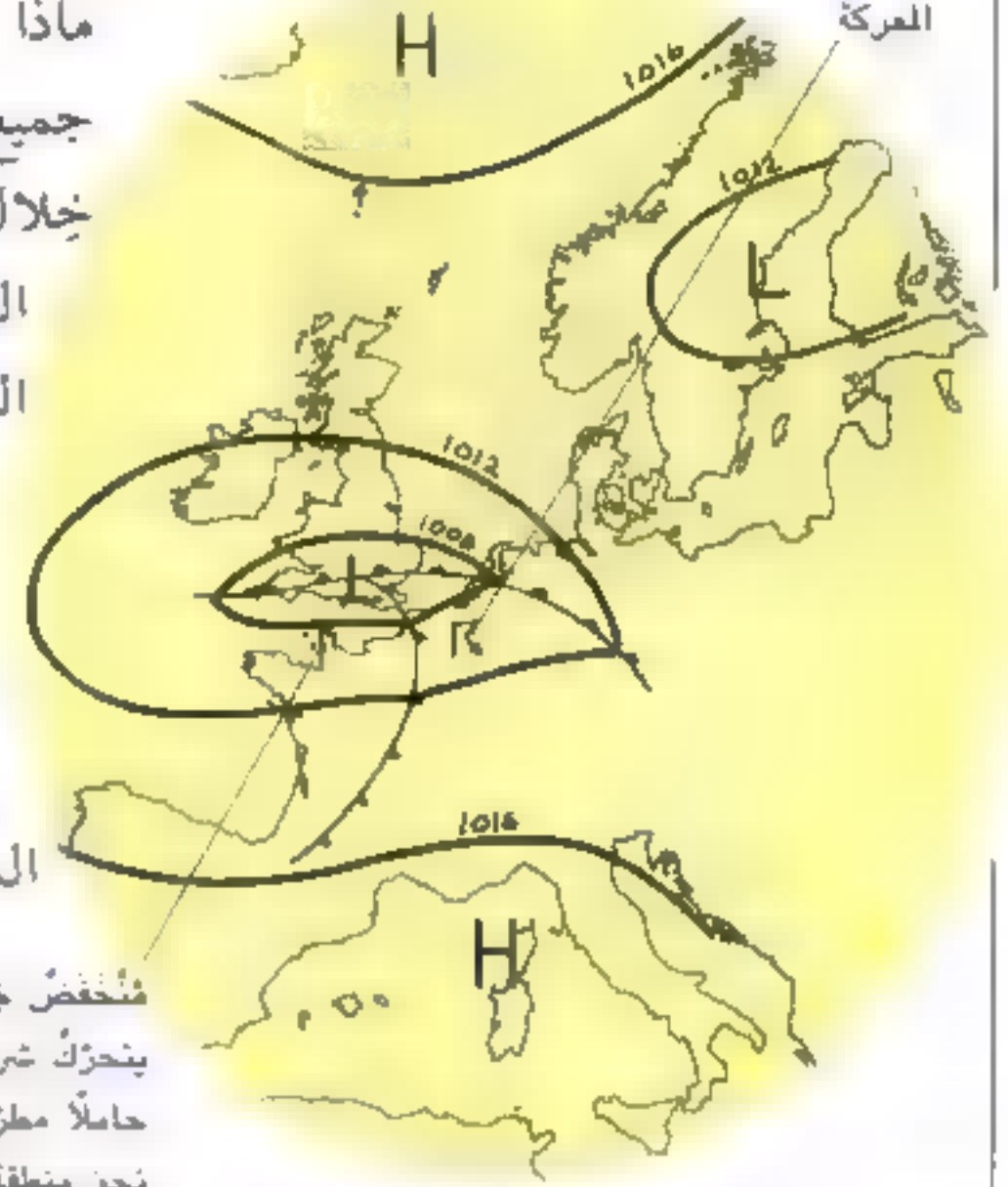
## لزيد من المعلومات انظر

- الكهربائية الساكنة ص ١٤٦
- الانكسار ص ١٩٦
- الضوء والمادة ص ٢٠٠
- الظلال ص ٢٠١
- الألوان ص ٢٠٢
- الجو ص ٢٤٨



# التنبؤ بالأحوال الجوية

العلامة الدالة على  
الرُّعد تَعْدُّ فوق  
المعركة



ماذا ستكون عليه حال الطقس اليوم؟ إن التنبؤ بدقة عن الطقس يتطلب تجميع معلومات من جميع أنحاء العالم. هنالك نوعان من التنبؤ - نوع طويل المدى يُنبئ بأحوال الطقس عموماً خلال الأسبوع المقبل، ونوع قصير المدى يُنبئ بأحوال الطقس مُفصَّلة للأربع وعشرين ساعة التالية. أكثر المهتمين بتنبؤات الأحوال الجوية من غير العسكريين هي منظمات الطيران المدني، كشركات الطيران والمطارات التي تحتاج إلى معرفة أحوال الجو على ارتفاعات مختلفة. كذلك تحتاج شركات الملاحة البحرية إلى التحذير من العواصف؛ وتحتاج محطات القدرة إلى معرفة أوقات البرد المُتوقعة كي يُصار إلى تقدير وتلبية كميات الطلب على الطاقة. كما يحتاج المزارعون إلى تنبؤات الطقس ليُستطيعوا تنظيم أوقات الحصاد وحماية المحاصيل. وأنت أيضاً تحتاج إلى نشرات جوية يومية لمعرفة نوع الملابس التي سترتديها، وما إذا كان عليك حمل المظلة حتى ولو بدا لك الطقس مُشمساً.

مُنخفض جوي

مُنخفض جوي  
ينحزك شرقاً ببطء،  
حاملًا مطراً غزيرًا  
نحو منطقة واتزلو.

## الطقس في التاريخ

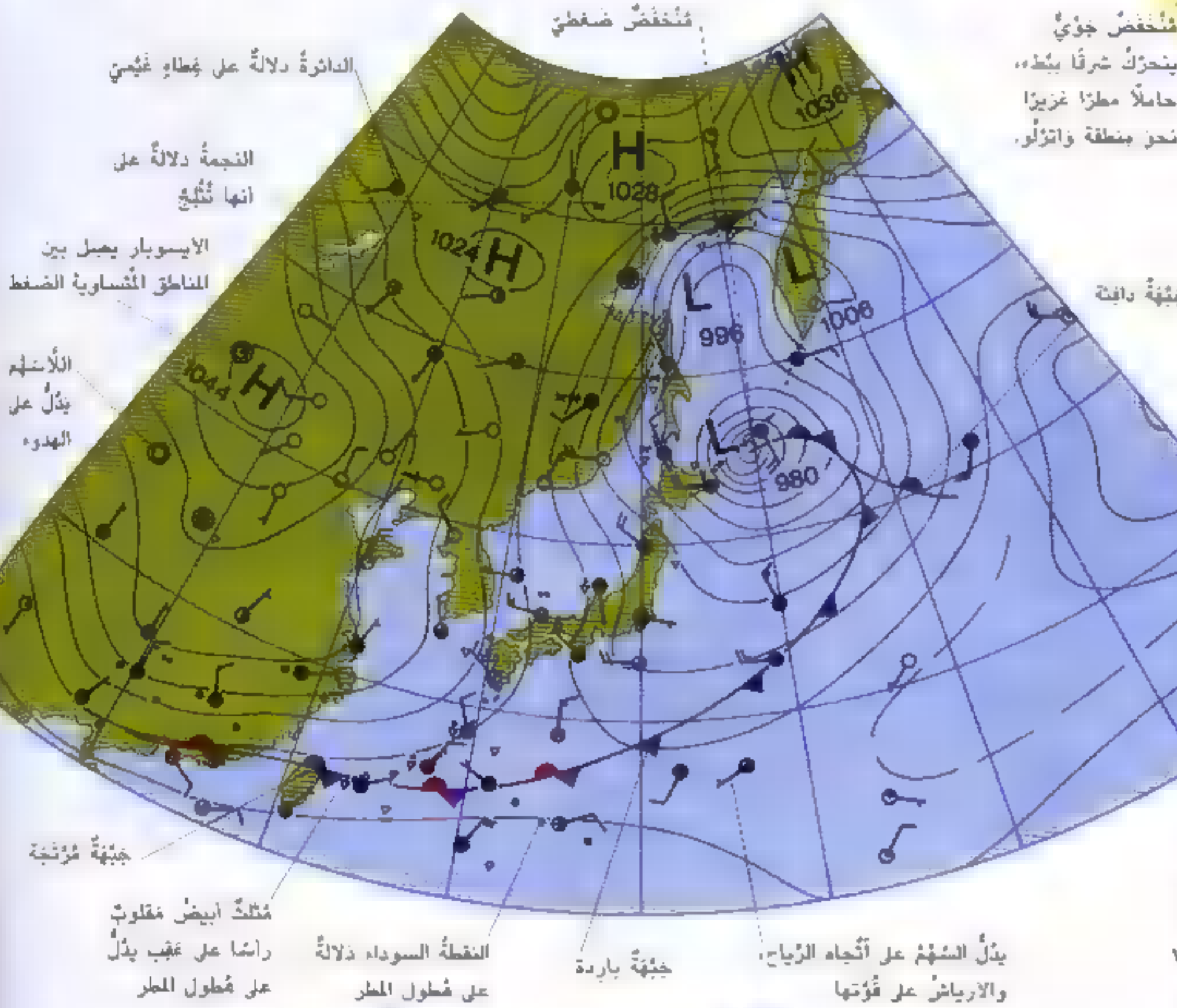
بالرجوع إلى السجلات القديمة نستطيع الخبراء رسم خرائط الطقس لأيام مُعينة في التاريخ. فالخريطة أعلاه، تُبَيِّن أحوال الطقس في الليلة السابقة لمعركة واتزلو في ١٧ حزيران (يونيو) عام ١٨١٥. والمعروف أن المعركة كانت بين جيش الإمبراطور الفرنسي نابليون، وبين جيش الحلفاء بقيادة دوق ولنتون. فقد أدّى مغول المطر الغزير إلى تحويل أرض المعركة بما أضطرَّ الفرنسيين إلى تأخير مُجموعهم. فساعد هذا التأخير على تدفق المزيد من الفرق العسكرية لمُساندة جيش ولنتون وانتصاره في المعركة.

## خريطة طقس من اليابان

يُرسِّم المُتنبئون خرائط للطقس تُبَيِّن توقعاتهم لمختلف الظروف والأحوال الجوية - كدرجة الحرارة والرياح والضغط ومُطول المطر وغيرها. مُستخدمين رموزاً مُتفقاً عليها دولياً. فالخريطة المُعدَّة ليوم ١٦ كانون الأول (ديسمبر) عام ١٩٩٢ تُبَيِّن تنبؤ مُنخفض جوي فوق اليابان. فالرياح القوية نهب حول المُنخفض باتجاه ضِدَّ اتجاه عقارب الساعة مُدَوِّرة جبهات من الهواء الدافئ والبارد معه. فطقس اليابان المُتوقع عاصف رطب - بينما يُسيطر مُرتفع جوي إلى الغرب - مما يعني أن الطقس في الصين بارد وجاف.

## منظر من الفضاء الخارجي

تلتقط صوراً للشُحب من الفضاء الخارجي بواسطة سواتل ضد الطقس، فتُبَيِّن الأحوال الجوية بنظرة خائفة. الصورة الساتلية هنا تُبَيِّن أنماط الشُحب المرافقة لخريطة الطقس أعلاه - فلاحظ أن الشُحب تُشكِّل عقدة كثيفة على مقربة من مركز المُنخفض الجوي. مع مزيد من الشُحب المُتشرة على امتداد خط الجبهة.



جبهة مُرتجة

مُثلث أبيض مقلوب  
رأساً على عقب يدل  
على مُطول المطر

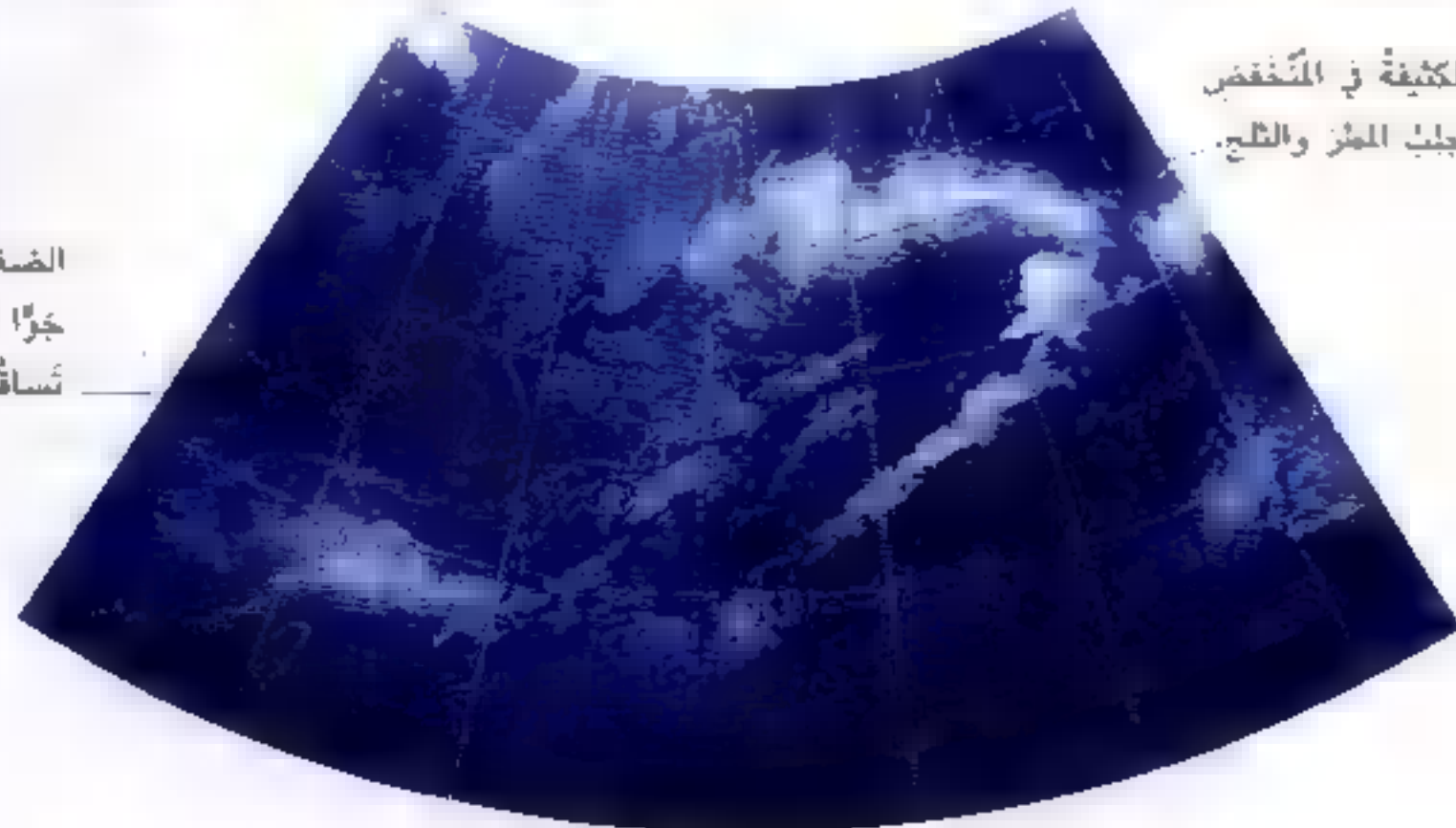
النقطة السوداء دلالة  
على مُطول المطر

جبهة باردة

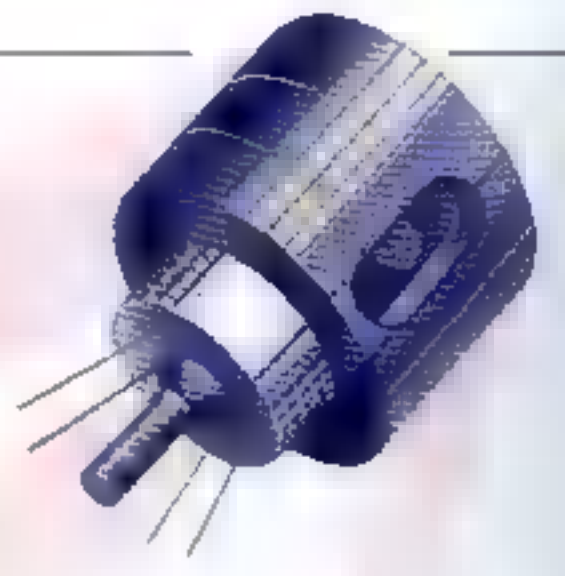
يدل الشهم على اتجاه الرياح  
والأرياش على قوتها

الشُحب الكثيفة في المُنخفض  
الجوي تجلب المطر والثلج.

الضغط العالي يُخلب  
جواً صافياً بدون  
تساقط.







## جَمْعُ المَعْلُومَات

نضمُ مُنظَمةُ الأرصادِ الجَوِّيَّةِ العالَمِيَّةِ ١٥٠ بلدًا تقيّدُ كُلُّها من المَعْلُومَاتِ المُتجمَّعةِ في المراكزِ العالَمِيَّةِ لِرُصدِ الأحوالِ الجَوِّيَّةِ. فتُجمَعُ كُلُّ يومٍ مُعطياتٌ من حوالي ١٠,٠٠٠ محطة أرضية و ٧,٠٠٠ سفينة ومئات الطائرات والمناطيد وعدّة سوايل، في مراكزٍ خاصّةٍ في موسكو بروسيا، وواشنطن العاصمة بالولايات المتحدة، وملبورن بأستراليا. وتُنظَّمُ النشراتُ الجَوِّيَّةُ الإقليمِيَّةُ والدوليَّةُ، وترسَلُ إلى الأعضاء في المنظمة؛ فيرسَلُ هؤلاء بدورهم تلك المَعطيات إلى مكاتب الأرصادِ الجَوِّيَّةِ المحليَّةِ التي تُعدُّ بدورها النشرات الجَوِّيَّةَ الخاصّةَ بالبلد العضو.

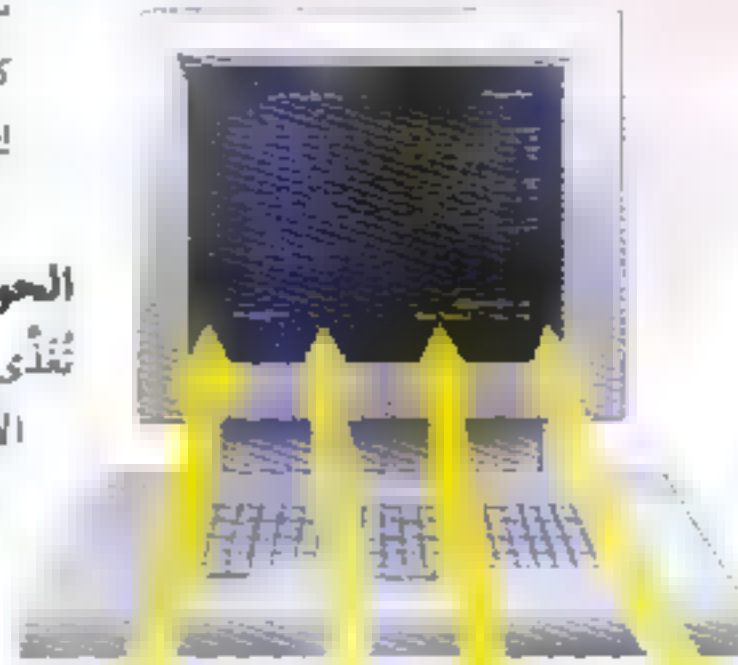


## السفن

تقيسُ سفنُ الرُّصدِ الجَوِّيِّ الضغطَ ودرجةَ الحرارة في مُستوى سطحِ البحر، كما تقيسُ درجةَ حرارة البحر ذاته. وتُطلَقُ أيضًا بالونات الرُّصدِ الجَوِّيِّ لتبعث المَعْلُومَات عن أحوالِ الجَوِّ على ارتفاعاتٍ مُختلفة.

## الحواسيب

تُعَدُّ النظمُ والنماذجُ الحاسوبيَّةُ بالمَعْلُومَاتِ الأرصاديَّةِ من سائر أنحاء العالم، فتقومُ الحواسيبُ بتنظيمِ التنبؤاتِ عن أحوالِ الطقسِ المُتوقَّعة.



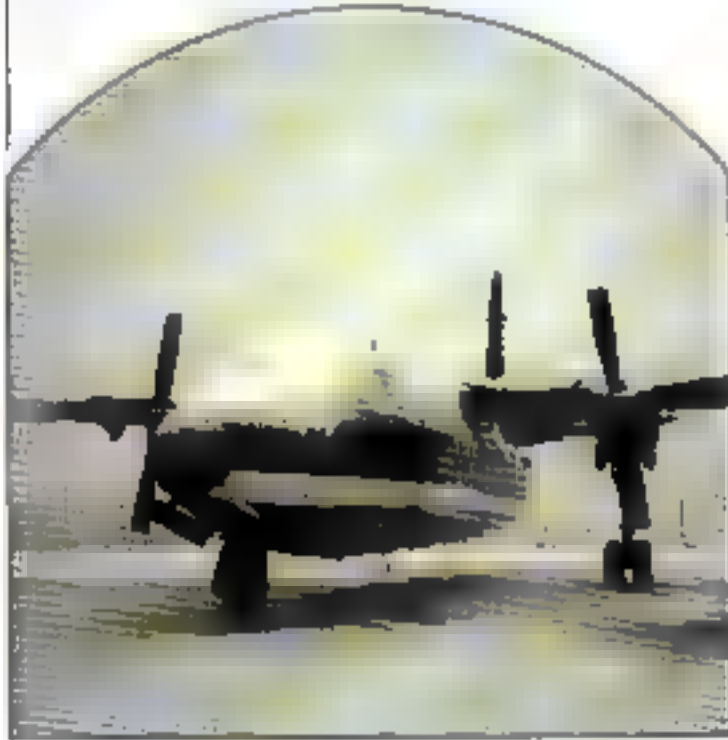
## الطوافي الأوتوماتيَّة

تُستخدَمُ طوافي (ج. طاقة) الرُّصدِ الجَوِّيِّ، بِذَلِ الشُّن ذاتِ الطوافيم، لِتُسجَلِ المَعْلُومَات عن الطقسِ المحلي على مُستوى سطحِ البحر وتُنسَلُ إلى السوايل.



## مسابيرُ الرُّصدِ اللاسلكيَّة

تحمِلُ المناطيدُ المُعبَّأَةُ بالهليوم رَدْمًا من المُعدَّاتِ إلى الجَوِّ تُعرفُ بِمَسابيرِ الرُّصدِ اللاسلكيَّةِ. وبالإضافة إلى ما تبعثه هذه المسابيرُ من مُعطياتٍ عن الضغوط ودرجات الحرارة، فإنَّه يمكنُ تَعقُبِها لِتَبيِّنِ سُرعاتِ الرِّياحِ المُختلفة.



تُطلَقُ مسابيرُ الرُّصدِ اللاسلكيَّةِ مُرتين في اليوم على الأقل.

## استخدامُ التنبؤاتِ الجَوِّيَّة

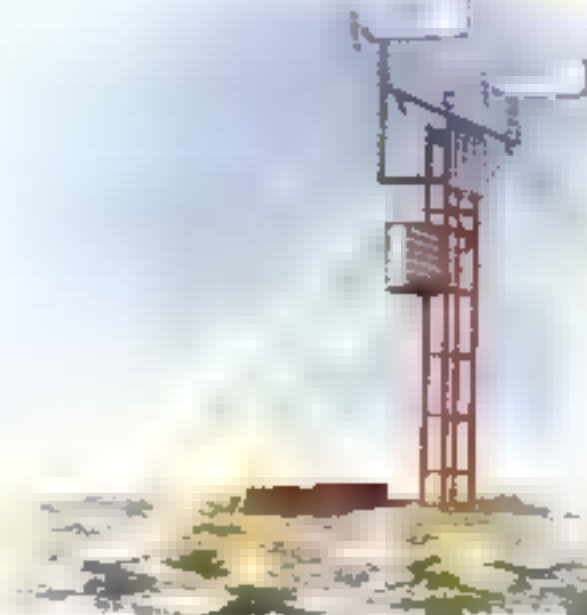
لا يَغنَى لِلطائراتِ عن تنبؤاتِ الأحوالِ الجَوِّيَّةِ، بِخاصَّةٍ في طقسٍ رديٍّ، كَما تُتَّخَذُ التنبؤاتُ وتجهَّزُ المُعدَّاتُ لإبقاءِ المدارجِ سالِكَةً. ويُعبَّرُ الثلجُ والجليدُ أسوأ ما يُهدِّدُ حركةَ الطائراتِ من أخطارٍ؛ كما إنَّ التحذيراتِ من الرِّياحِ العاتيةِ مُهمَّةٌ أيضًا.

### لرصد من المَعْلُومَاتِ الظَّهر

ضَغْطُ الهواءِ ص ٢٥٠
الجَبهاتُ المُناخيَّةُ ص ٢٥٣
قوَّةُ الرِّياحِ ص ٢٥٦
تكوُّنُ السَّحبِ ص ٢٦٢
رُصدُ الطقسِ ص ٢٧٢
السَّوايلُ (الأقمار الصناعِيَّةُ) ص ٣٠٠
حقائقُ ومَعْلُومَات ص ٤١٦

## المحطَّاتُ المؤتمنة

في المناطقِ النائيةِ تُجمَعُ مَعْلُومَاتُ رُصدِ الطقسِ في محطَّاتٍ غيرِ مأهولة، ثم ترسَلُ أوتوماتيًّا عن طريقِ سائِلٍ فضائيٍّ إلى مراكزِ الأرصادِ الجَوِّيَّةِ. وتُقامُ محطَّاتُ مُماثلةٌ على بعضِ مُنطَقاتِ النُقطِ البحريَّةِ البعيدةِ عن الشاطئ.



## المحطَّاتُ الصغِيرَة

يُؤدِّي بعضُ الأفرادِ دورًا مُهمًّا في رُصدِ الطقسِ بواسطةِ آلاتٍ رُصدٍ بسيطةٍ، وهم يبعثون بِمَعْلُومَاتِهِم عن أحوالِ الطقسِ المحليَّةِ إلى محطَّةٍ رُصدٍ رئيسيَّة.



## الطائرات

تحمِلُ طائراتُ خاصَّةُ آلاتِ الرُّصدِ إلى الجَوِّ. وهي أحيانًا تُبَثُّ قياساتها نَوا إلى الأرض، أو تُسجَلُ قياساتها المُختلفة وتعودُّ بها إلى الأرض.



## لويس فراري ريتشاردسون

استنبطَ الرياضيُّ البريطانيُّ، ل. ف. ريتشاردسون (١٨٨١-١٩٥٣)، طريقةَ استخدامِ التقنياتِ الرياضِيَّةِ في التنبؤِ عن الأحوالِ الجَوِّيَّةِ. أنجزَ ريتشاردسون نظريَّته أثناءَ خدمتهِ العسكريَّةِ في فرقةِ الإسعافِ خلالَ الحربِ العالَمِيَّةِ الأولى؛ لكنَّ مخطوطته فُقدت عام ١٩١٧ في إحدى المعارك، ثم وُجدت بعدَ عدَّةِ أشهرٍ تحتِ كُومةٍ من القنم. وقد نُشرَ عملُ ريتشاردسون عام ١٩٢٢، لكنَّ أفكاره لم يُمكن تطبيقها إلا حينَ اختراعِ الحاسوبِ الإلكترونيِّ بعدَ ٢٠ سنة.





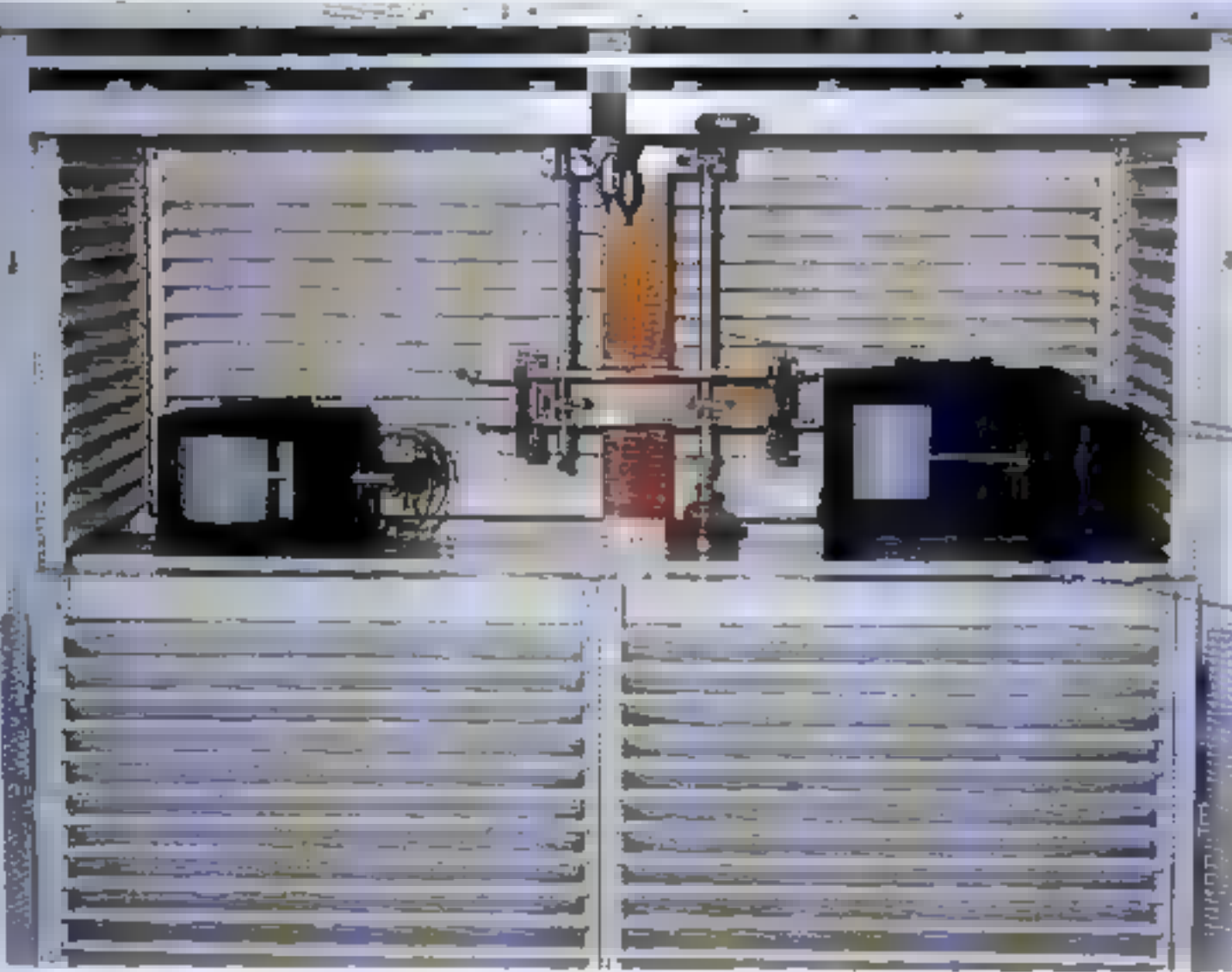
## رصد الطقس

## إخترار السماء

يخترُ الأمرُ عادةً غلبةً للبحر والشمس، لكن نعيم السماء يجذب هذا الطوفان. في أوروبا وأمريكا الشمالية، جعل الرياح التغيرات في الأحوال الجوية من الغروب. فإذا اشتدتْ حُمرةُ الشفق عند الغروب فذلك يعني أن الطقس المقبل سيكون صافياً. أمّا حُمرةُ السماء عند الصباح فتعني أن الطقس الجيد يُشارفُ نهايته.

الشفق المزدوج يصدُّ حرارة الشمس.

على مدى آلاف السنين، قبل اختراع آلات رصد الطقس في القرن السادس عشر، كان الناس يرقبون المظاهر الطبيعية وشكل السماء والغيوم، وأوضاع الشمس والقمر وأحياناً سلوك الحيوانات والنباتات لتعرف أحوال الطقس. ولقد نشأ عن تلك الخبرات الكثير من الأقوال المأثورة في علامات الطقس المتوقع تناقلتها الأجيال على مر السنين فعدت جزءاً من التراث الشعبي عندهم. إن كثرة من هذه العلامات والأمثال هي أكثر من تراث شعبي - فهي غالباً ما تصبح في مجال الرصد الجوي. إن المراقبة الدقيقة لأحوال الطقس، معززة بالقياسات البسيطة لدرجات الحرارة والضغط الجوي تجعل عملية التنبؤ الذاتي بالأحوال الجوية المحلية مصدراً موثوقاً يُعَوَّل عليه.



الوقاء الأباغوري يُظلل آلات الرصد من شع الشمس المباشر. وتُنشر شقوق التهوية في جوانب الصندوق دوران الهواء بخرقة داخله.

ترموتر ذو بصيلة مخضلة وأخرى جافة

تُغمز البصيلة المخضلة في ماء مغطى وخلال عملية التبخر تُنقل الحرارة من الترمومتر.

تقام جميع صناديق ستيفنسون الأباغورية للرصد الجوي على علو ١.٢ م كي يمكن مقارنة جميع القياسات بدقة.

## صناديق ستيفنسون الأباغورية

تستخدم معظم محطات الرصد الجوي والكثير من المدارس صناديق ستيفنسون الأباغورية. وقد يحوي الواحد منها ترمومتراً ذا بصيلة مخضلة وأخرى جافة لقياس الرطوبة النسبية، التي تتغير بتغير درجات الحرارة، والتي تُحسب بواسطة جدول خاص. وقد يحوي الصندوق الأباغوري أيضاً ترمومترين النهائيين العظمى والصغرى ومسجلات لمخاطبة للرطوبة ودرجات الحرارة.

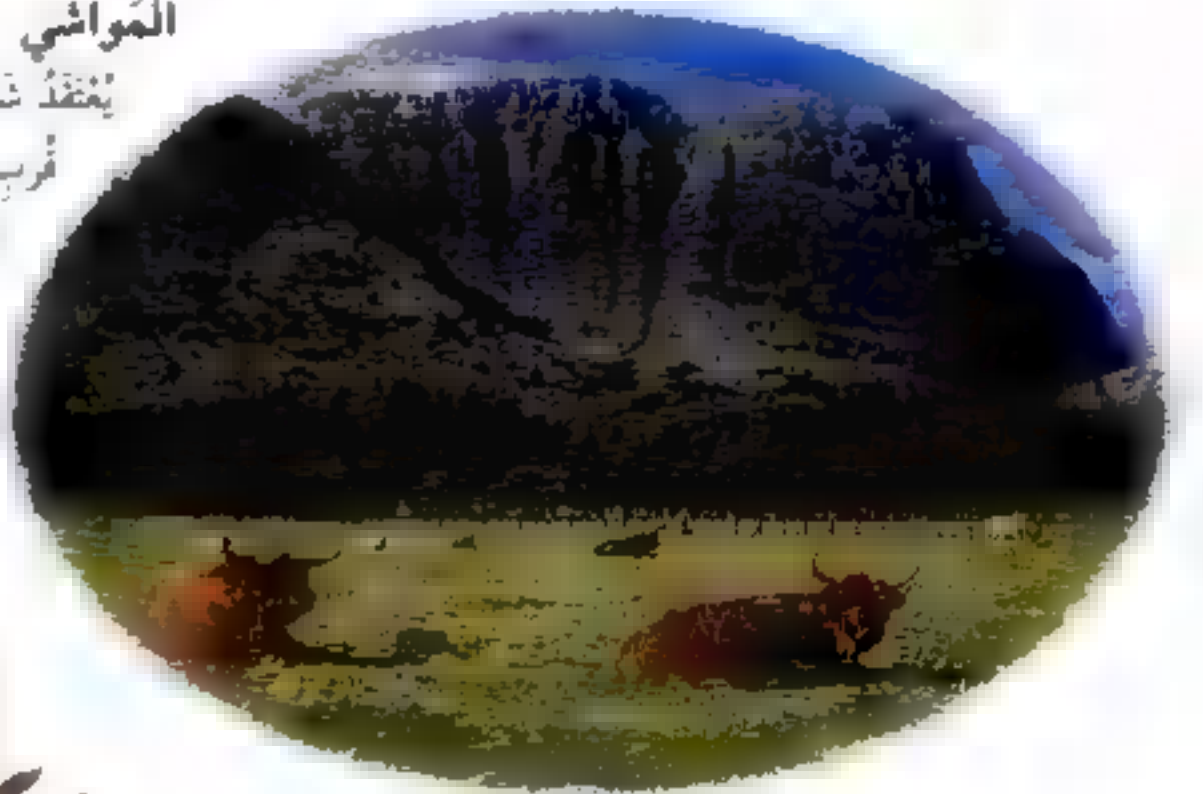
## الكرز الياباني

جزت العادة في اليابان على تسجيل تواريخ تنوير (ازهار) اشجار الكرز منذ عدة قرون. وقد ساعدت تلك التسجيلات المتهتمين بالرصد الجوي على معرفة نوعية الطقس منذ مئات السنين، وما إذا كان فصل الشتاء قارساً أو الربيع مبكراً في أي سنة من السنين.

## المواشي

يُعتقد شعباً أن جنوم المواشي في الحقول دليل على قرب فطول المطر - إفتراضاً أنها بذلك تُضمرُ لثقلها مخضلاً جافاً. حتى لو كان هذا الافتراض صحيحاً، فالملاحظ أن المواشي تُجثم في أي وقت. فلا يدلُّ جنوم قطع من البقر في حقل ما على قرب فطول المطر!

يُصبغ غُصن خشبية ليُحرق زيتاً عند اقتراب فطول المطر.



## العشب البحري

يمكنك استخدام غُصن من عشب البحر الأسمر (الكَلْب) تجليها من الشاطئ، كقطعة الكَلْب هذه، لتساعدك في مراقبة تقلبات الطقس. ففي الطقس الجاف تبخر الرطوبة من غُصن الكَلْب فتصبح قصفة صلبة. وفي الطقس الرطب تمتص الغُصن الرطوبة من الهواء فتغدو مُنتفخة طرية مجدداً. غير أن تغيرات عشب البحر تُنبئنا عن حال الطقس آنياً - لا عما سيكون عليه الطقس في أيام مُقبلة.



## زجاجة بشرية

تُعاني الحيوانات من الزئبقية (الدومايزم) في مقاصيلها.

## العظام

خلال فترات الطقس اللطيف المعتدل قد لا يشعر معانو الرئبة (الدومايزم) بالألم. لكن مع اقتراب الطقس الرطب البارد، فإنهم يبدأون انحناساً في عظامهم.

## لزيد من المعلومات انظر

- الصوء والمادة ص ٢٠٠
- المناخات المتغيرة ص ٢٤٦
- ضغط الهواء ص ٢٥٠
- درجات الحرارة ص ٢٥١
- الرطوبة ص ٢٥٢
- السحب ص ٢٦٠
- ظواهر وتأثيرات غير عادية ص ٢٦٩
- التنبؤ بالأحوال الجوية ص ٢٧٠

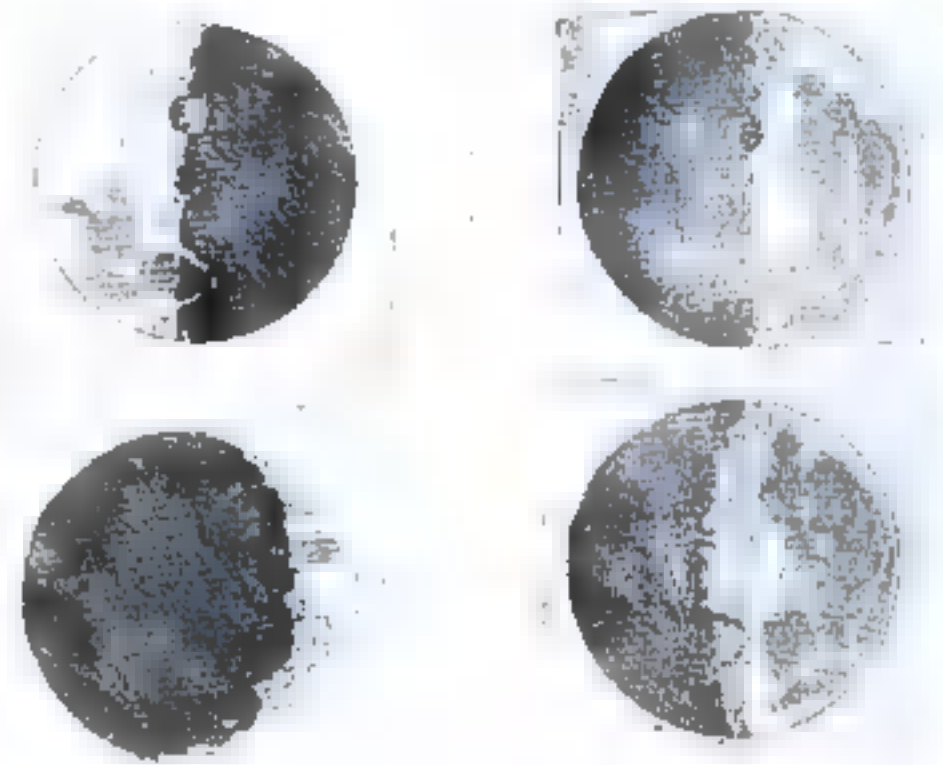


# الفضاء

عندما نتطلع نحو السماء فأنتم نتنظر إلى الفضاء - حيث قد ترى النجوم والكواكب ومدى شاسعاً من الفضاء الخاوي فيما بينها. وقد حاول الناس منذ القدم إدراك موقع الأرض في مجالها المحلي المحدود من هذا الفضاء ومع ما هو وراءه من الكون اللامحدود. استخدمت الحضارات الأولى تحركات الأجرام السماوية أساساً لتقاويمها ودليلاً مرسداً للملاحة البحرية وأحياناً لاستطلاع الأحداث المستقبلية بالتنجيم. وقد حاول الفلكيون الأوائل تحليل تحركات تلك الأجرام؛ وراحوا منذ القرن التاسع عشر يبحثون عن ماهيتها ونشأتها. واليوم تتاح للفلكيين تقنيات متطورة بالدقة والتعقيد لمتابعة أبحاثهم في محاولة فهم أسرار هذا الكون الفسيح.



في العام ١٦٠٩،  
قام عالم الفلك  
الإيطالي، غاليليو  
غاليلي، أول  
شخص يدرس  
الفضاء بقراب  
(تلسكوب).



حين وجه غاليليو مقرابه نحو القمر شاهد هذا وجعلاً لا تُرى بالعين المجردة.

## المقارب (التلسكوبات)

كان للتكولوجية، في مختلف مراحلها، تأثير كبير على علم الفلك. ففي أوائل القرن السابع عشر اخترع المقراب واستخدم للنسبة الأولى لاستطلاع الفضاء. فكشف لنا على سطح الشمس، وأبعدنا من أقدم الحضاري، ومربداً لا يحصى من النجوم وتعددت أصبحت التلسكوبات أكثر تطوراً وتعقيداً، وغداً أحدثها تستخدم في قياس مواقع النجوم وتحليل إشعاعاتها والتقاط صور فوتوغرافية لها.

مقراب غاليليو

المناطق الخمر مثير  
مواقع اصعاع معظم  
الاشعة السينية.  
صورة بانسعة الشمس  
لتكاسيوبيا (بقايا  
شعير اعظم)

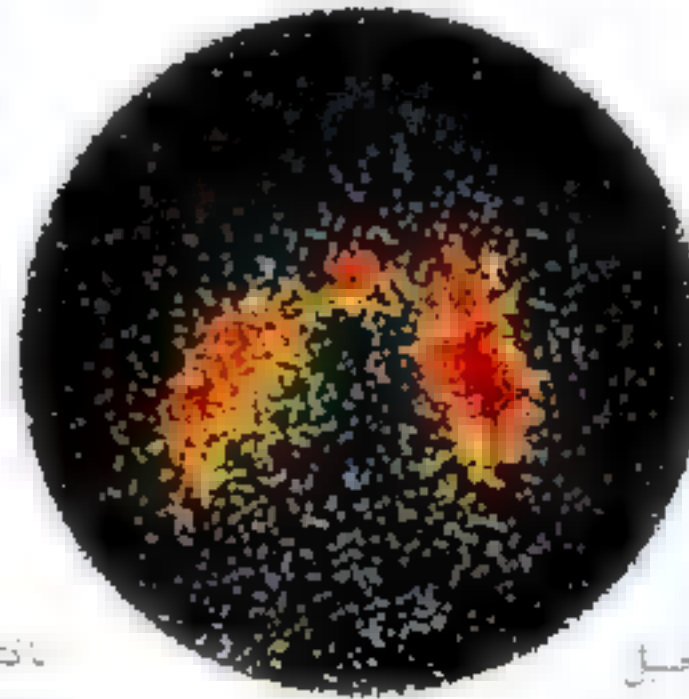
## الفضاء الموحش

تسلأ الكون بلايين النجوم والمجرات، ومع ذلك بظلمة خاوية نسبياً. وهو من السخاء المدهى بحيث إن ضوء جميع بلايين النجوم لا يكفي لإثارة؛ فيس النجوم. هناك بلايين الكيلومترات من الفراغ المظلم البارد والمعروف أن الإنسان هو شكل الحياة المذكر الوحيد في هذا الكون؛ لهذا فالفضاء، بالنسبة له، مكان موحش جداً.

سبعان مائة الف سنة من طراز غوناغري، اراشوا  
المصري وزحل ونورايوس وينتون في الفترة من  
١٩٧٩ و١٩٨٩، عتقنا بعض الطرقات العلمية  
كما حققنا انحصار بعض الاشعاعات عن الموقعة.

## معدات حديثة

تستخدم الفلكيون معدات حديثة على الأرض، ويرسلوها أيضاً إلى الفضاء لتحسين على مشاهد ومعدومات أفضل جداً لحظها. فالتقنيات المتقدمة في مداراتها حول الأرض سمح بوضع الاجرام الفضائية بوضوح شديد، كما تمكنها التقاط اشعاعات لا يسهل لها احراقها في الارض. كما ساهل الزويفات، كسواير فضائية، في رحلات مد حمه النور حول كواكب أخرى أو حفظ عليها وسعت بالتقارب إلى الأرض وحيداً بالعلم أن المحكم في معظم هذه السواير بالتلسكوبات يتم من الأرض بواسطة الحواسيب.



## صور الفضاء

على مدى عدة قرون، ظلت الطريقة الوحيدة لاستطلاع خفايا الكون هي تجميع أمواج الضوء المنبعثة من الأجرام الفضائية. ودراستها. أما اليوم فيستطيع الفلكيون تجميع ودراسة أنواع أخرى من الإشعاعات المنبعثة، كالاشعة السينية مثلاً، لأعداد صور أدق من الكون. فالصورة المقابلة بالاشعة السينية (أشعة إكس) لبقايا نجم متفجر (متفجّر اعظم) تظهر تفاصيل واضحة باصة في حين أنها لو التقطت بأموح ضوئية فقط، لما بار منها سوى كتلة غائبة شوهج.



مجموع المجزئات في الكون يُقارب  
١٠٠٠٠٠ بليون مجرّة.



الكَوْنُ هُوَ كُلُّ شَيْءٍ يَدْرُكُ  
وَالْكَوَاكِبُ هَذِهِ  
بَيْنَ

قُنُودٍ مِنَ الْمَجَرَّاتِ  
تَوْجَدُ مَجَرَّةٌ ذَرَبُ النَّبَاتَةِ ضَمِنَ قُنُودِ  
(عَنْقَوِي) مِنَ الْمَجَرَّاتِ يَضُمُّ حَوَالِ ٣٠  
مَجَرَّةً. إِنَّ تَجَمُّعَاتِ كِهَذِهِ تُصَنَّفُ  
إِجْمَالًا كَأَقْنَاءِ مَجَرِّيَةِ عَظَمَى.

قَتْلُ مِنَ الْمَجْرَمَاتِ

توجد مجرّة ذرب التثانة ضمن قنور  
(عنقود) من المجزّات يضم حوالي ٣٠  
مجرّة. إنّ تجمّعات كهذه تُصنّف  
إجمالاً كاقنار مجرّية عُظمى.

## السنة الضوئية

المسافات في الكون شائعة جدًا بحيث تقاس بالسنين  
الضوئية. والسنة الضوئية هي المسافة التي يقطعها  
الضوء في سنة. ولما كانت سرعة الضوء  
تساوي ٣٠٠.٠٠٠ كم في الثانية، فإن  
هذه المسافة تبلغ  
٩٤٦.٠٠٠ مليون  
كيلومتر.

## فَرْبُ النَّبَاةِ

الشَّمْسُ مَجْرَدُ نَجْمٍ  
وَاحِدٍ فَقَطْ مِنْ قَرَابَةِ  
٥٠٠,٠٠٠  
نَجْمٍ فِي مَجْرَةٍ تُسَمَّى  
دُرِّيَّةُ الثَّلَاثَةِ.

يعتقد الفلكيون أن  
هناك الملايين من  
النجوم التي لها  
كواكبها الخاصة في  
الكون. لكن الشمس  
هي، حتى الآن،  
النجم المعروف  
الوحيد الذي ينطق  
علمه ذلك.

في العام ١٩٢٤، بين الفلكي الأمريكي، إدوين هبل (١٨٨٩-١٩٥٣)، أن السُّدم (رُفَعًا ضوئيَّة ضبابيَّة في الفضاء) هي مَجَرَّاتٌ بعيدة. وفي العام ١٩٢٩، وَجَدَ أنَّ السُّرْعَة التي تتحرَّك بها مَجَرَّةٌ ما، بعيدًا عن الأرض، تتنمُّد على بُعْدِها عن الأرض. فإذا كان بُعْدُ مَجَرَّةٍ خمسة أضعاف بُعْدِ أخرى، فإنَّها تتحرَّك بِسُرْعَةٍ تساوي خمسة أضعاف سُرْعَةِ الأخرى. وهذا هو قانون هبل.

لمزيد من المعلومات انظر

قياسُ الصوت ص ١٨٠  
 الضوء ص ١٩٠  
 أصلُ الكتون ص ٢٧٥  
 المنجرات ص ٢٧٦  
 النجوم ص ٢٧٨  
 النظامُ الشمسي ص ٢٨٣  
 علمُ الفلك ص ٢٩٦

النظام الشمسي  
الأرض أحد تسعة كواكب  
تدور حول نجم هو الشمس.

يُولَفُ الْبَشَرُ جُرْئًا ضَعِيلًا مِنَ الْكُؤْنِ

الإنزياخ نحو الأحمر

يسري الضوء أمواجاً. فالموجة الضوئية  
المُضَيِّقَةُ المرتفعة زرقاء، بينما المُمتدَّة المُعْتَمِلَةُ  
خضراء - وفي ما بينهما باقي ألوان الطيف  
الأخرى. إن أمواج الضوء من مُجَرَّةٍ، تتحرَّكُ  
بعيداً عنا، تُمتدُّ نحو الطرف الأحمر للطيف  
فيما تُسمَّى الانزياح نحو الأحمر؛ ويَزدادُ هذا  
الانزياح بازدياد سرعة المُجَرَّة. ويعلمُ  
الفلكيون، تبعاً لقانون هابل، أنَّ المُجَرَّات الأبعد  
تتحرَّكُ بعيداً بِسرعة أكثر من المُجَرَّات الأقرب  
وهكذا يَتَبَيَّنُ، بمدى الانزياح نحو الأحمر، بُعد  
المُجَرَّة موضع الدرس عن الأرض.

سرعة الضوء هي السرعة القياسية القصوى في الكون؛ بحيث إن لا شيء أسرع من الضوء. ومع ذلك، فإن ضوء أقرب نجم إلينا (عدا الشمس) يستغرق ٤.٣ سنة ليصل إلى الأرض، أي إن بُعدنا يبلغ ٤.٣ سنة ضوئية - فنحن نراه حالياً كما كان هو عند ٤.٣ سنة.

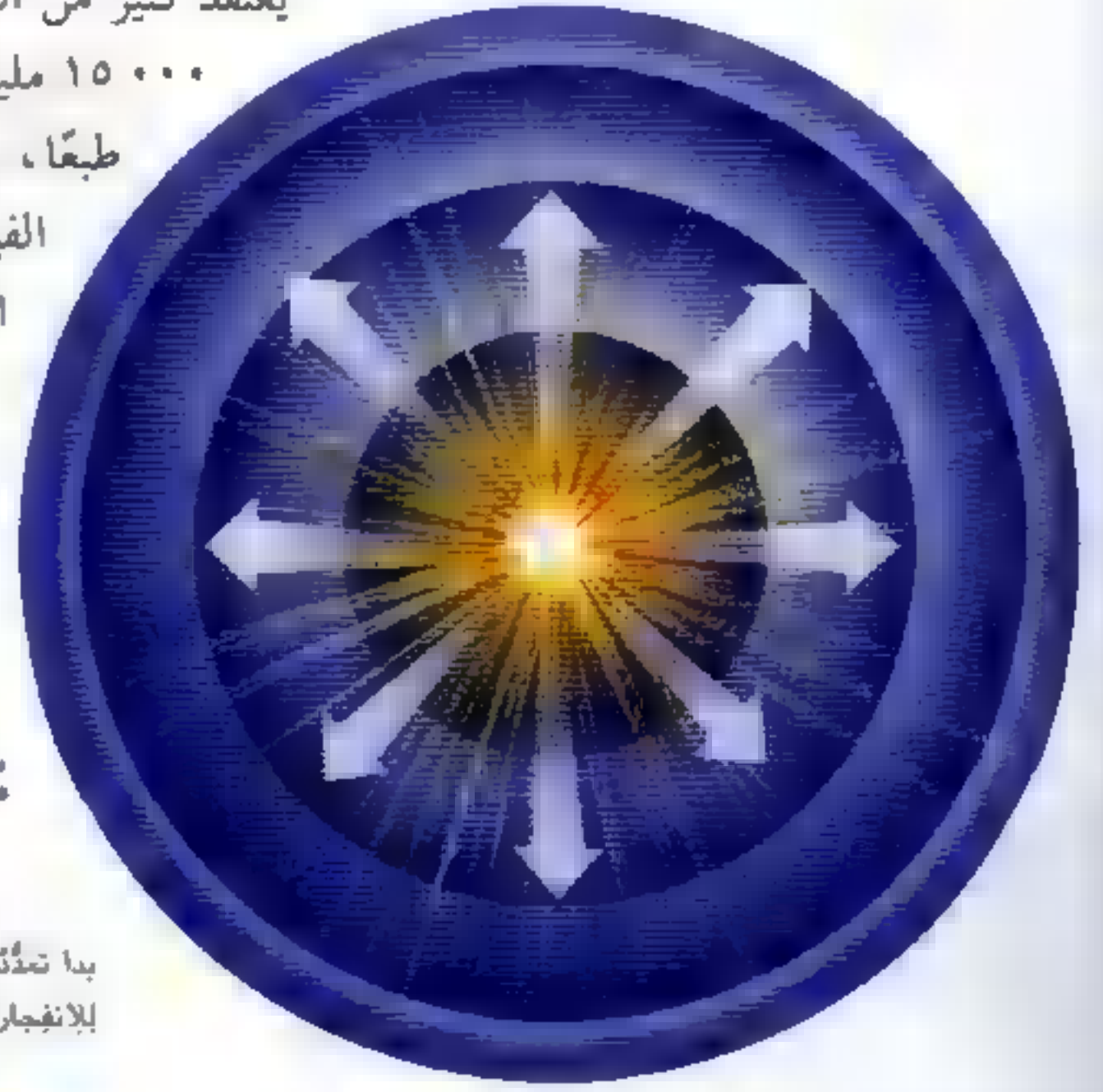
الضوء البرتقالي المحمر المبعث من هذه  
الحجرة يُسمَّى أنها تتحرك بعيداً عنا.

الضوء المنبعث من هذه المجرة متنازع أكثر نحو الطرف الأحمر للغيث.  
وهذا يُدْهِرُ أَنْ سُرْعَةَ هَذِهِ الْمَجْرَةِ أَكْثَرُ وَأَنَّهَا تَقْعُدُ مِنَ الْمَجْرَةِ أَعْلَاهُ.



# أصل الكون

يَعْتَقِدُ كَثِيرٌ مِنَ الْعُلَمَاءِ أَنَّ الْكَوْنَ نَشَأَ عَنْ انفجارٍ هائل هو الانفجار العظيم، منذ ١٥٠٠٠ مليون سنة، تولدت فيه كُلُّ أشكالِ المادّة والطاقة - كما الفضاء والزمن. طبعًا، لم يكن هناك أحدٌ ليروي ما حدث، ولكنّ الإكتشافات الفدّة في عِلْمِي الفيزياء والفلك مكّنت العلماء من اقتفاء تاريخ الكون حتى جزءٍ الثانيةِ الأوّل من نشأته. وهم يعتقدون أنّ مادّة الكون قبل الانفجار كانت هيولى مُطلقة مُتراصّة في حجم ضئيل، وأنها في تمدّد مُستمرّ مُتّذ. وقد وُضِعَت نظريّة الانفجار العظيم عام ١٩٣٣، ثمّ قُدِّمَت نظريّة أخرى عام ١٩٤٨، تُعرّف بنظريّة الحالة المُستقرّة، مفادها أنّ تَخَلَّق المادّة الجديدة مُستمرّ؛ وهكذا فإنّ الكون، ككُلّ، لن يتغيّر! لكنّ هذه النظريّة لا يُعتدّ بها الآن. وقد بدأ العلماء مؤخرًا يتدارسون مُستقبل الكون وما الذي يَنْتَظَرُه تاليًا.



قد يعود الكون إلى التراصّ مُجذّبًا في «دُقّةٍ عظيمة».

بدأ تمدّد الكون نتيجة للانفجار العظيم.

## الانفجار العظيم

منذ حوالي ١٥٠٠٠ مليون سنة كان الكون ضئيل الحجم جدًا وحارًا جدًا؛ وبالانفجار العظيم بدأت عملية التمدّد والتغير، وما زالت مُستمرّة حتى اليوم. فخلال دقائق من حدوث الانفجار أخذت الجسيمات الذريّة بالثلاث مُكوّنة غازي الهليوم والهيدروجين اللذين، على مرّ ملايين السنين، أنتجا المَجَرّات والنُجُوم والكون كما نعرفه اليوم.

## الكون الارتدادى

ما هو مُستقبل الكون؟ للعلماء نظريّات مُتباينة حول هذا الموضوع. فبعضهم، من أصحاب نظريّة الكون المفتوح، يرون أنّ لا نهاية مُحدّدة للكون؛ لكنّه سيُتَناصّر تدريجيًا قبل أن يتوقّف؛ فيما يرون أنّ أصحاب نظريّة الكون المُغلّق أنّ الكون سيتوقّف عن التمدّد وبدأ بالتقلّص والثلّام حتى يُصبح مُتراصًا جدًا أو حارًا جدًا - نهايةً لانفجارٍ عظيمٍ جديد.

ولدت الشمس بقُدّ ١٠٠٠٠ مليون سنة من الانفجار العظيم؛ ونشأت الأرض والكواكب من الانقاص المُحيطة.

اتخذت مجرّتنا، ذرّب التبانة، شكلها القرصيّ بقُدّ ٥٠٠٠ مليون سنة من الانفجار العظيم.

نشأت الكوازارات (أسلاف المَجَرّات) ما بين ٢٠٠٠ و ٣٠٠٠ مليون سنة بقُدّ الانفجار العظيم.

بدأ تلامّ المادّة كُتَلًا بقُدّ ١٠٠٠ مليون سنة من الانفجار العظيم.

بدأت أشكال الحياة الأولى بالظهور عن الأرض حوالي ١٢٠٠٠ مليون سنة بقُدّ الانفجار العظيم.

عاشت الدينوسورات منذ ١٩٠ مليون سنة. وظهر الجنس البشريّ منذ قرابة مليوني سنة - وهو جُزءٌ ضئيل من عُمر الكون.

الرُمن الحاضر - حوالي ١٥٠٠٠ مليون سنة بقُدّ الانفجار العظيم.

بدأ تشكّل المَجَرّات بقُدّ ٣٠٠٠ مليون سنة من الانفجار العظيم.

## مُحدود الأزمنة

نشأ الكون مُتجانس الأجزاء تقريبًا. لكنّ مع عملية التمدّد أخذت المادّة تلامّ كُتَلًا بداخله؛ وساعدت الجاذبيّة في تجمّع المزيد منها تاركةً مناطق من الفضاء الخاوي بينها. وفي نهاية المطاف، أنتجت مناطق تجمّع المادّة النُجُوم والمَجَرّات.

خلال دقائق تالّفت الكون من ٧٥٪ هيدروجين و ٢٥٪ هليوم.

كانت درجة الحرارة قرابة ١٠٠٠٠ مليون درجة.

نشأة الكون - الانفجار العظيم

سائل سبّر الخلفيّة الكونيّة (كوبي) يستقصي إشعاعات الكون الأولى. وقد كشف، عام ١٩٩٢، تفاؤنا في هذه الإشعاعات - مما يؤيّد نظريّة الانفجار العظيم.

## إشعاعات الخلفيّة

منذ الأربعينيّات من هذا القرن، أخذ العلماء يتقصّون حال الكون في بدايات نشأته. وكانوا مُدركين لحقيقة أنّه كان حافلًا بالإشعاعات وأنّ تلك الإشعاعات لا بُدّ قد برّدت مع تنامي الكون وبرودته - حتى إنّ الفلكيّ الأمريكيّ، جورج جاما، قدّر درجة الحرارة التي يجب أن تكون عليها الآن. وفي عام ١٩٦٥، كشف العالمان الأمريكيّان، أرنو بنزياس وروبرت ويلسون عن تواجّد مثل هذه الإشعاعات (المُسمّاة إشعاعات خلفيّة) فعلاً، فكان في ذلك برهانٌ يُدعّم نظريّة الانفجار العظيم.

### لمزيد من المعلومات انظر

- البيّنة الذريّة ص ٢٤
- الجلبد والمُتاليّ ص ٢٢٨
- الكون ص ٢٧٤
- المَجَرّات ص ٢٧٦
- النُجُوم ص ٢٧٨
- السّوائل (الأقمار الصناعيّة) ص ٣٠١

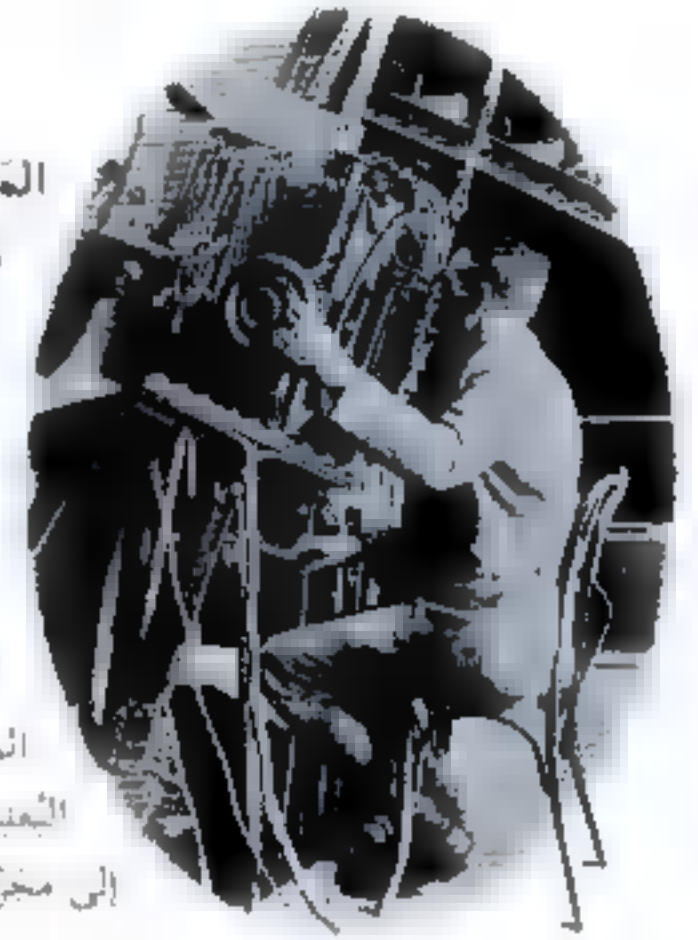


# المَجَرَّات

تتواجد النُجُومُ في مجموعاتٍ تُدعى مَجَرَّات. وقد تنشأت هذه المجموعات الهائلة كسُدُمٍ ضخمةٍ من الغاز مُباشرةً بعدَ نشأة الكون. وعملت الجاذبية لاحقاً على تكتُّل الغاز في نُجُوم مُنفصلة. والمَجَرَّات شاسعةٌ جداً بحيث إنَّ الضوء من نجمٍ في جانبٍ من مَجَرَّةٍ يَستغرقُ مئات آلاف السنين ليَبلُغ الجانب الآخر منها. وتكتسبُ المَجَرَّةُ شكلها المُمَيِّزُ تبعاً لِنسقِ تراتبِ النُجُومِ في داخلها. فالشَّمْسُ تقعُ في مَجَرَّةٍ حلزونيةٍ الشكل تُدعى دُرَبُ الثَّيَّانَةِ. وقد ظلَّ الفلكيُّونَ حتى بدايات هذا القرنِ يَعتقدون أنَّ دُرَبُ الثَّيَّانَةِ هي المَجَرَّةُ الوحيدة في الكون؛ لكننا نعلمُ اليومُ أنَّها في الواقع إحدى ١٠٠.٠٠٠ مليون مَجَرَّةٍ فيه.

## المَجَرَّاتُ الأخرى

أثبت الفلكي الأمريكي، إدوين هبل، عام ١٩٢٤، وجودَ مَجَرَّاتٍ أخرى حين بيَّن أنَّ النُجُومَ في سديم المرأة المُسلَّلة (دُعي لاحقاً مَجَرَّةُ المرأة المُسلَّلة) هي من العندين حيث ينحلي ابتعاؤها إلى مَجَرَّةٍ دُرَبُ الثَّيَّانَةِ.



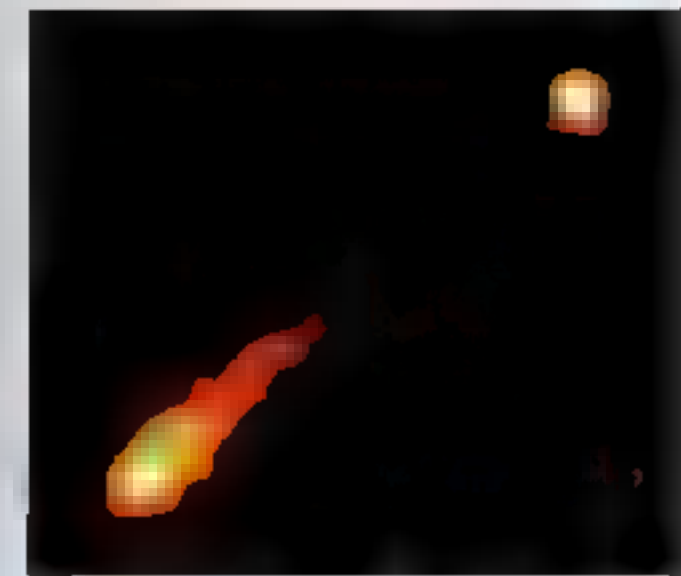
## عوالمٌ بعيدة

منذُ بدايات القرن العشرين، رصد الفلكيُّون وجَدولوا عدداً كبيراً من الرُّقِّ الضبابية الغامضة في السماء أسموها سُدُمًا؛ وكان العديد منها قد شوهد منذُ عِدَّة قُرُون. واعتقد بعضهم أنَّها مَجَرَّدُ سُحُبٍ سديميةٍ من الغاز في دُرَبُ الثَّيَّانَةِ، في حين ارتأى آخرون أنَّها قد تكون مَجَرَّاتٍ بعيدة؛ وبالفعل هذا ما تبَيَّن فيما بعد. وقد درس الفلكي الأمريكي، إدوين هبل، تلك المَجَرَّات وصنَّفها حسب أشكالها إلى أربعة أصنافٍ رئيسيةٍ - لولبية أو حلزونية (كدُرَبُ الثَّيَّانَةِ)، ولولبية عمودية، وإهليلجية، وغير منتظمة.

مَجَرَّةُ حلزونيةٍ ر. ج. س. ٥١٩٤



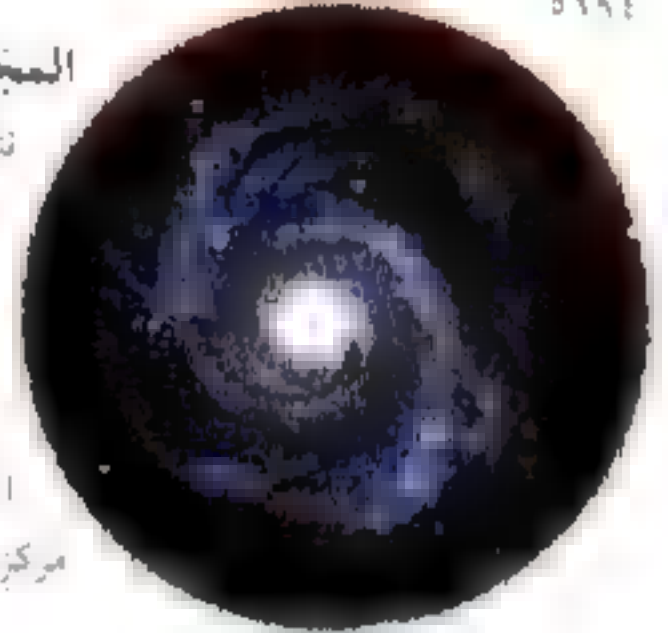
صورة بالراديو لكوازار ٣ سي ٢٧٣. وقد لوحظ أنَّ قَلْبَهُ (فوق اليسار) وذَيْلُهُ (تحت إلى اليمين) مصدران قويان لانبعاثات الأمواج الراديوية.



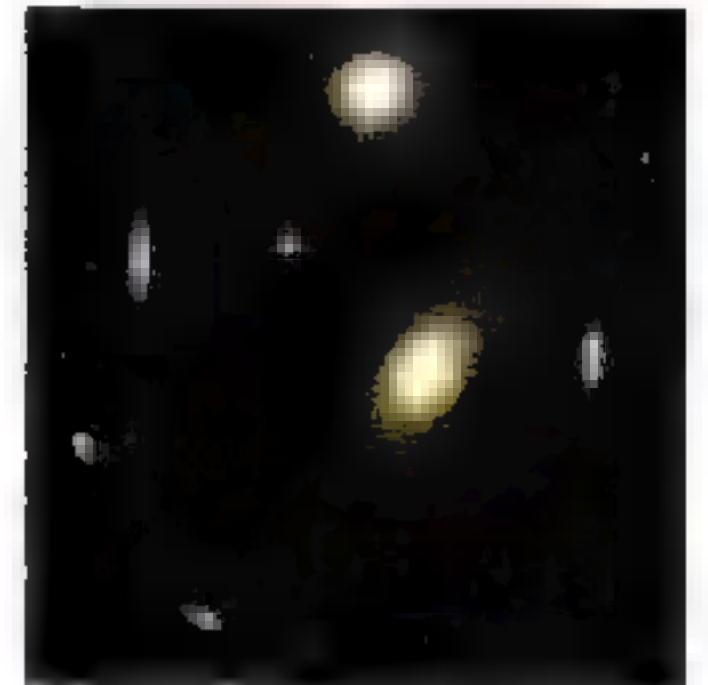
**الكوازارات (الكوازر)**  
عام ١٩٦٣، اكتشفت فئة جديدة من الأجرام - تُسمى الكوازارات. وهي أجسامٌ شديدة التألُّق نائيةٌ جداً، نسيرُ مُبتعدةً عنا بِسرعة هائلة. ولا يزال الكثير من أسرارها غامضاً؛ والمعتمدُ حاليّاً أنَّها قُلُوبُ مَجَرَّاتٍ قَبِيَّةٍ جداً.

## المَجَرَّاتُ الحلزونية

تتألَّفُ المَجَرَّاتُ الحلزونية من نُجُومٍ قَبِيَّةٍ وهرمة. وهي فُرصةٌ الشَّكل ذات أذرع حلزونية. وفي المَجَرَّات اللولبية العمودية، تتمرُّغ الأذرعُ من طرفي عمود غير مركز المَجَرَّة.



جزءٌ من حشد مَجَرَّات السَّيْبِلَةِ اقرب قَلْبِ مَجَرَّاتٍ رئيسيٍّ لمجموعةتنا المحلية.



## الأقناء المَجَرَّية

تتفرَّع المَجَرَّاتُ إلى الفُرَاصِ مَعًا، فتتشرُّعُ غيرُ الكونِ في حُشود (أو محموعات) قَبِيَّةٍ. فمَجَرَّةُ دُرَبُ الثَّيَّانَةِ مثلاً تقعُ ضمنَ حُشودٍ قَبِيَّةٍ يضمُّ حوالى ٣٠ مَجَرَّةً تُدعى المجموعة المحلية. وقد تتألَّفُ أقناءُ أخرى من آلاف المَجَرَّات، أو قد تحشدُ جماعاتٍ في أقناءٍ عَظْمَى.

## نبذة المَجَرَّات

كشَّحِبُ عملاقة من الغاز، تُدوِّمُ السَّحَابَةُ فتتَشَكَّلُ النُجُومُ وتتخذُ المَجَرَّةُ شكلها. وكلُّها ازديادُ سرعة التدويمِ ازديادُ تسطُّعِ المَجَرَّة.

## المَجَرَّاتُ الإهليلجية

المَجَرَّاتُ الإهليلجية مجموعاتٌ مُسطَّحةٌ كروية الشكل من نُجُومٍ هَرَمَةٍ (في أواخر أعمارها)؛ وهي أكثرُ أنواعِ المَجَرَّاتِ اُتْشَارًا في الكون.



١٠٠ مَجَرَّةٌ إهليلجية قَطْرُها ٥٠٠٠٠ سنة ضوئية.

## المَجَرَّاتُ غيرُ المنتظمة

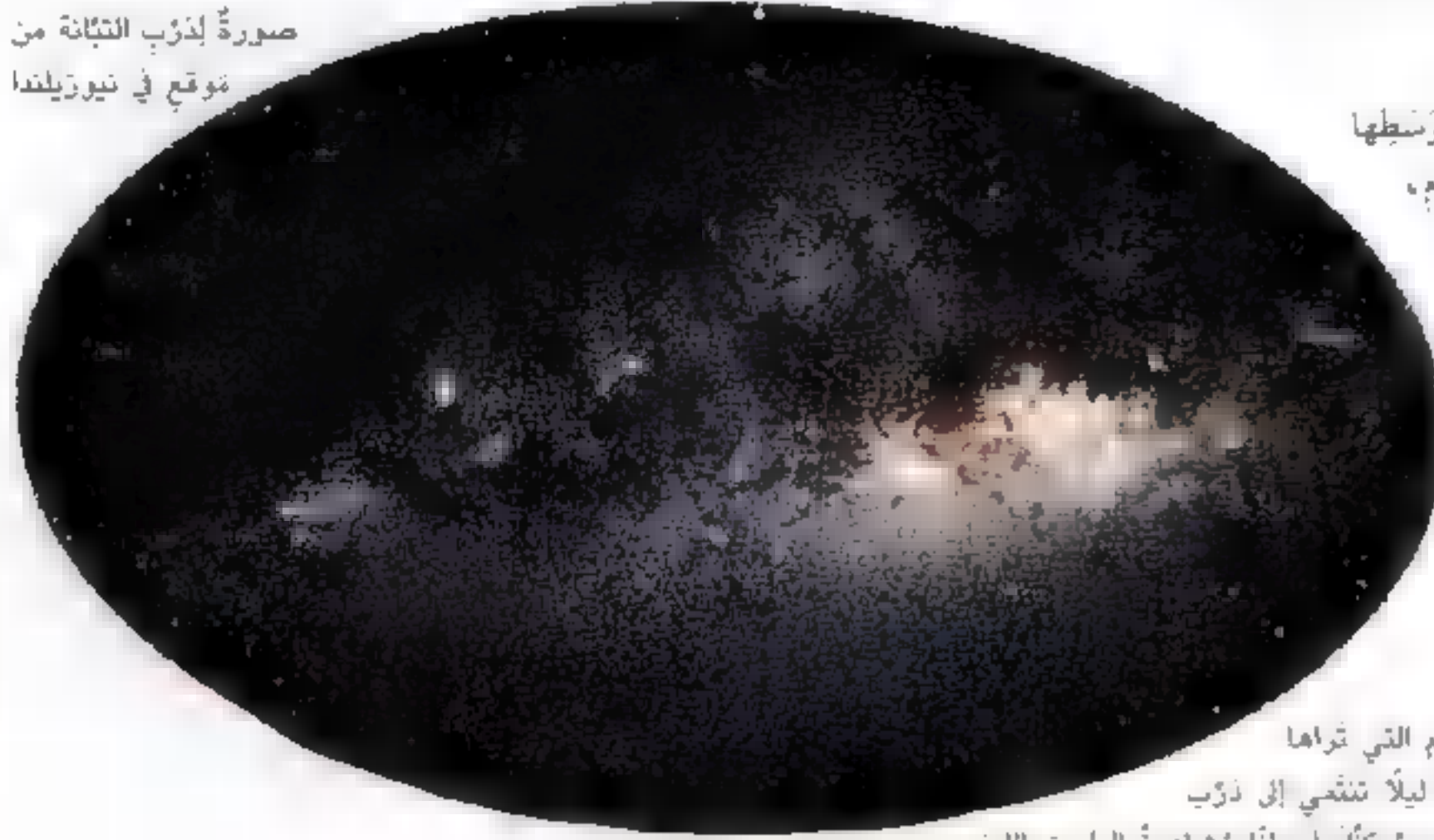
المَجَرَّاتُ غيرُ المنتظمة هي التي لم تتخذ شكلاً مُعيَّناً وهي مَادَرَةٌ جداً في الكون.



١٠٠ مَجَرَّةٌ غيرُ منتظمة.



صورة لذرب الثبانة من  
موقع في نيوزيلندا



## دَرْبُ الثَّبَانَةِ

دَرْبُ الثَّبَانَةِ (أو الطريق اللبني) مَجَرَّةٌ حلزونيةٌ تتخَشَّدُ في وَسْطِهَا النُّجُومُ فَتُكْسِبُهَا أَتِظَافًا مَرْكَزِيًّا تَتَشَعَّبُ مِنْهُ أَذْوَاعٌ مِنَ النُّجُومِ، تَتَوَاجَدُ مِنْظُومَتُنَا الشَّمْسِيَّةُ فِي ذِرَاعٍ مِنْهَا. وَهَذَا يَعْنِي أَنَّنَا مِنْ نِصْفِ الْكُرَةِ الْجَنُوبِيَّةِ لِلْأَرْضِ، نُوَاجِدُ مَرْكَزَ الْمَجَرَّةِ فِي حِينٍ يُطَالِعُنَا طَرَفُهَا مِنْ نِصْفِ الْكُرَةِ الشَّمَالِيَّةِ. وَدَرْبُ الثَّبَانَةِ، كَسَائِرِ الْمَجَرَّاتِ، مُسْتَمِرَّةٌ الْحَرَكَةُ لَيْسَ فَقَطْ كَمَجَرَّةٍ سَابِقَةٍ بِكَامِلِهَا فِي الْفَضَاءِ، بَلْ إِنَّ النُّجُومَ فِي دَاخِلِهَا أَيْضًا تَدُورُ بِاسْتِمْرَارٍ حَوْلَ مَرْكَزِ الْمَجَرَّةِ.

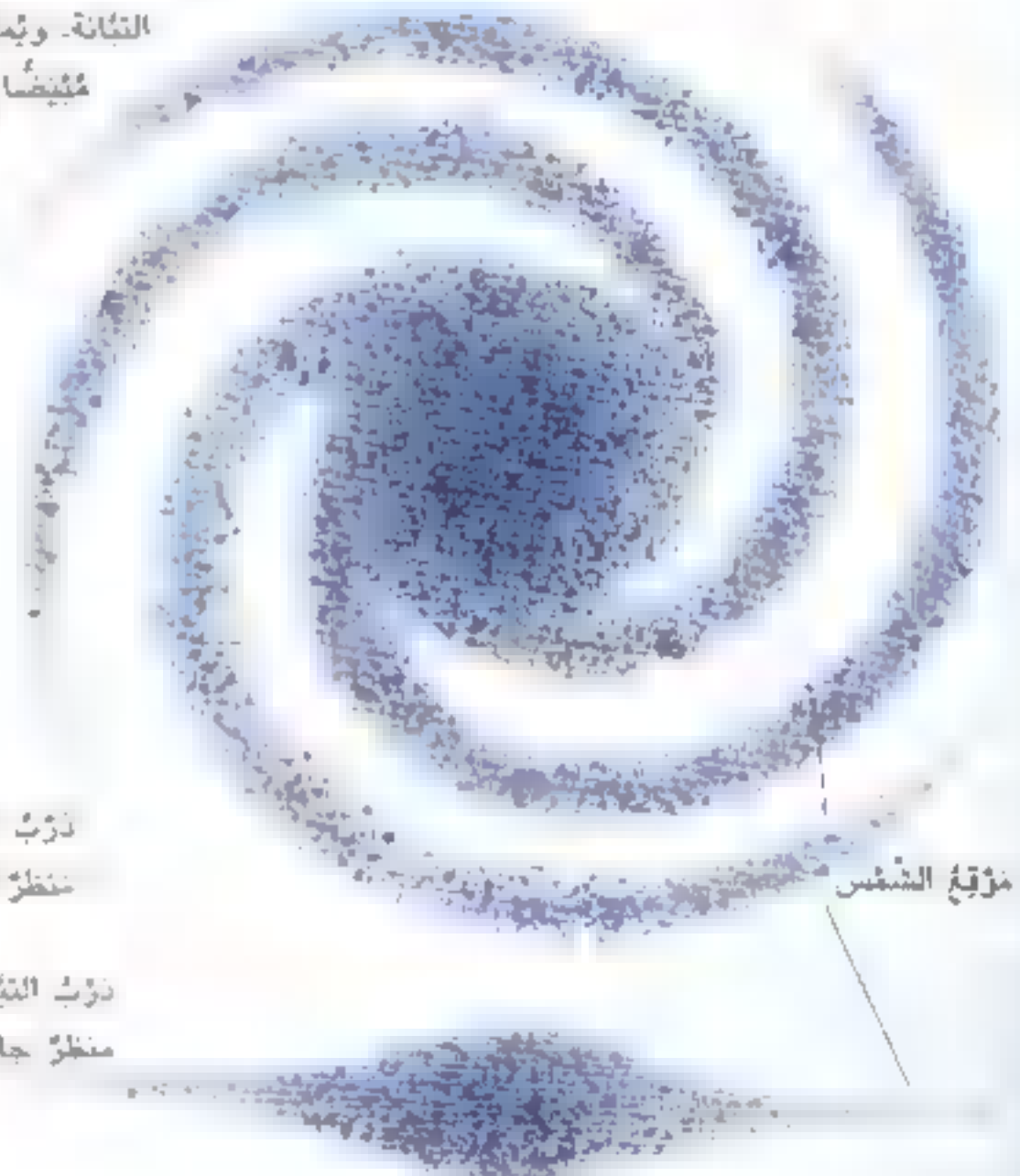
كُلُّ النُّجُومِ الَّتِي تَرَاهَا فِي السَّمَاءِ لَيْلًا تَنْتَعِي إِلَى دَرْبِ الثَّبَانَةِ. وَيُمْكِنُكَ أَيْضًا مُشَاهَدَةُ الطَّرِيقِ اللَّبْنِيِّ مُتَبَيِّنًا بِضَوْءِ مِلْيَيْنِ النُّجُومِ فِي الْمَجَرَّةِ.

## أَسْطُورَةُ دَرْبِ الثَّبَانَةِ

سُمِّيَتْ دَرْبُ الثَّبَانَةِ أَوِ الطَّرِيقُ اللَّبْنِيُّ كَذَلِكَ لِأَنَّهَا تَبْدُو، فِي سَمَاءِ اللَّيْلِ، كَنَهْشَاشِ اللَّبَنِ. فِي أَيَّامِ الْإِغْرِيقِ، قِيلَ أَنَّ بَنَاتِ النَّاسِ الْحَقَائِلِ الْفَلَكِيَّةِ عَنْ دَرْبِ الثَّبَانَةِ، غَزَبَتْ الْأَسَاطِيرَ نَشَأَتَهَا إِلَى لَبَنِ أُنْدَلَقَ بَيْنَمَا كَانَ هِرَقْلُ الْغُفْلِ يَرْتَوِي مِنْ لَبَنِ الْإِلَهِةِ هِيرَا.

لَا تَقْرُبُ النُّجُومُ فِي مَوْجِعٍ وَاحِدٍ دَاخِلَ الْمَجَرَّةِ، فَهِيَ، عَلَى مَدَى فَتْرَاتٍ زَمَنِيَّةٍ طَوِيلَةٍ، تَتَقَلَّبُ دَاخِلَ وَخَارِجَ الْأَذْوَاعِ الْحَلِزُونِيَّةِ.

يَسْتَعْرِقُ الشَّعَاعُ الضَّوْثِيُّ ١٠٠٠٠٠٠ سَنَةً لِيَعْبُرَ مِنْ أَحَدِ جَوَانِبِ الْمَجَرَّةِ إِلَى الْجَانِبِ الْأُخَرِ.

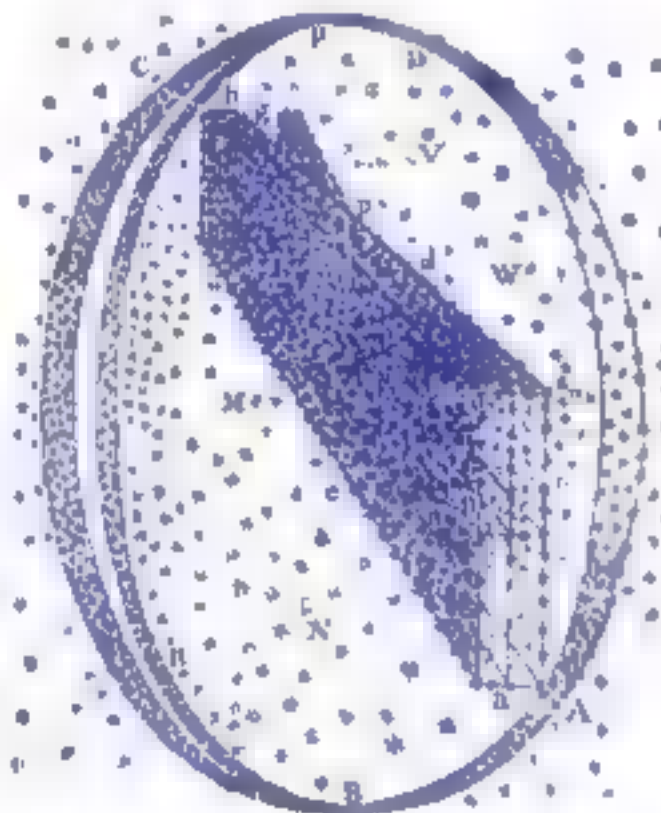


تَسْتَعْرِقُ  
الشَّمْسُ حَوْلَى  
٢٢٠ مِلْيُونِ  
سَنَةً لِتُكْمَلَ  
دَوْرَةَ وَاحِدَةٍ  
حَوْلَ مَرْكَزِ  
الْمَجَرَّةِ.

مَوْجِعُ الشَّمْسِ

## نُموذجُ هِرَشِل

فِي الْقَرْنِ الثَّامِنِ عَشَرَ أَجَرَى الْفَلَكِيُّ الْبَرِيطَانِيُّ، وَلِيَمُ هِرَشِل (١٧٣٨-١٨٢٢)، مَسَاحًا لِلنُّجُومِ فِي دَرْبِ الثَّبَانَةِ - حَيْثُ يُمَكِّنُ بِالْعَيْنِ الْمُجَرَّدَةِ رُؤْيَا قُرَابَةً ٢٠٠٠ نَجْمٍ، أَمَّا بِوَسْطَةِ التَّلِسْكَوبِ فَيُمْكِنُ رُؤْيَا عِدَّةِ مِلْيَيْنِ مِنَ النُّجُومِ - بِمَا يَقُوقُ إِمْكَانِيَّةَ الْعَدِّ. وَقَدْ قَامَ هِرَشِلُ بِإِحْصَاءِ النُّجُومِ فِي مَنَاطِقٍ مُعَيَّنَةٍ، ثُمَّ عَمَّمَ مُعْدَلَاتِهَا عَلَى الْمَجَرَّةِ بِكَامِلِهَا فَحَقَّقَ بِذَلِكَ نُموذجًا دَقِيقًا نَوْعًا لِدَرْبِ الثَّبَانَةِ. وَكَانَ بِمَا أَرْتَأَى هِرَشِلُ أَيْضًا أَنَّ بَعْضَ الشُّدْمِ قَدْ تَكُونُ مَنْظُومَاتٍ نَجْمِيَّةٍ خَارِجَ مَجَرَّتِنَا، وَهَذَا مَا نَبَيَّنَتْ صِبْغَتُهُ بَعْدَ أَكْثَرِ مِنْ قُرُونٍ.



نُموذجُ وَلِيَمِ  
هِرَشِلِ لِلنُّجُومِ  
دَرْبِ الثَّبَانَةِ

صُورَةُ بِالْأَشْغَةِ دُونَ الْحُمْرَاءِ لِمَجَرَّةِ الْمَرَاةِ الْمُسْتَسْلَسَةِ. هَذِهِ الْأَشْغَةُ تَسْتَعْرِقُ ٢.٢ مِلْيُونِ سَنَةً لِتَبْلُغَ الْأَرْضَ.

## مَوْجِعُ الشَّمْسِ

تَقَعُ الشَّمْسُ فِي إِحْدَى الْأَذْوَاعِ الْحَلِزُونِيَّةِ لِدَرْبِ الثَّبَانَةِ، عَلَى قُرَابَةِ ثَلَاثِي الْمَسَافَةِ مِنْ مَرْكَزِهَا، وَهِيَ مُجَرَّدُ نَجْمٍ وَاحِدٍ مِنْ حَوْلَى ٥٠٠٠٠٠٠ بِلْيُونِ نَجْمٍ تَوُجَدُ فِي الْمَجَرَّةِ. وَتَوْجَدُ النُّجُومُ أَيْضًا مَا بَيْنَ الْأَذْوَاعِ الْحَلِزُونِيَّةِ، لَكِنْ نَجُومُ الْأَذْوَاعِ الْأَقْرَى وَالْأَكْثَرِ نَالِقًا هِيَ الَّتِي تُكْسِبُ الْمَجَرَّةَ شَكْلَهَا الْمُمَيَّزَ.

صُورَةُ لِلضَّوْءِ الْمُنْطَلِقِ مِنْ مَجَرَّةِ الْمَرَاةِ الْمُسْتَسْلَسَةِ (M٣١)، الَّتِي هِيَ الْقُرْبُ الْمَجَرَّاتِ الرَّبِيسِيَّةِ إِلَى مَجَرَّتِنَا.

## مُعَابَنَةُ الْمَجَرَّاتِ

لِلْخُصُولِ عَلَى صُورَةٍ أَكْثَرُ وَضُوحًا وَاكْتِمَالًا عَنْ التَّكُونِ يَتَعَدَّى الْفَلَكِيُّونَ إِلَى تَجْمِيعِ أَنْمَاطٍ أُخْرَى مِنْ إِشْعَاعَاتِهِ إِضَافَةً إِلَى الضَّوْءِ. فَالْمَنَاطِرُ بِالْأَشْغَةِ السِّيَّيَّةِ (أَشْعَةُ إِكْس) مَثَلًا، تَكْشِفُ مَنَاطِقَ الْفَاعِلِيَّةِ النَّبْطَةِ الشَّدِيدَةِ الْحَرَارَةِ. وَتُظْهِرُ الْمَنَاطِرُ بِأَشْغَةِ جَامَا مَنَاطِقَ أَنْبِلَاقِ الطَّاقَةِ بِالتَّضَاعُلَاتِ الثَّوَوِيَّةِ. كَمَا يُمَكِّنُ بِالْأَطْوَالِ الْمَوْجِيَّةِ الْأُخْرَى تَحْدِيدَ مَنَاطِقِ تَرَكُّزِ غَازِ الْهَيْدْرُوجِينِ بَيْنَ النُّجُومِ، وَكَذَلِكَ مَنَاطِقِ الْقُبُورِ الْبَارِدِ.

صُورَةُ بِالْأَشْغَةِ السِّيَّيَّةِ لِمَجَرَّةِ الْمَرَاةِ الْمُسْتَسْلَسَةِ. قَلَّتِ الْمَجَرَّةُ هِيَ الْمُنَاطِقَةُ الْمُتَالِقَةُ فِي الْمَرْكَزِ (الْجَزْءِ) الَّتِي يُطَلِّقُ مُعْظَمُ هَذِهِ الْأَشْغَةِ.

## لِمَزِيدٍ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ انْظُرْ

الْكُونُ ص ٢٧٤ ، النُّجُومُ ص ٢٧٨  
دَوْرَةُ حَيَاةِ النُّجُومِ ص ٢٨٠  
الْكُوكَبَاتِ (الْأَبْرَاجِ) ص ٢٨٢  
الشَّمْسُ ص ٢٨٤  
أَرَانُوسُ ص ٢٩٢  
تَلِسْكَوبَاتُ الْفَضَاءِ ص ٢٩٨



# النُّجُوم

كُلُّ نجم من النُّجُوم التي تَراها في سَماء الليل هو في الحَقِيقَةِ كُرَّةٌ هائلةٌ مُدَوِّمةٌ من الغاز المُضَيءِ الشَّدِيدِ الحَرارةِ. وتَتماسِكُ غازاتُ النجم بِفِعْلِ الجاذبيَّةِ، كما إنَّ مصدرَ طَاقَةِ النُّجُوم هو «استِيعارُ» تلكَ الغازاتِ في تفاعلٍ لا يُشَبِّهُ استِيعارَ الفُحْمِ بل هو تفاعلٌ أَشدُّ فاعليَّةً وكِفايةً يُعرَفُ بِالاندِماجِ النَّوَوِيِّ. إنَّ كَميَّةَ الغازِ التي يَتألَّفُ النجمُ منها مُهمَّةٌ جَدًّا، إذ إنَّها تُحدِّدُ جاذبيَّتهِ ودرجَةَ حرارَتِهِ وضَغطَهُ وكثافتَهُ وحجمَهُ. وتتَواجَدُ النُّجُومُ في مَجَرَّاتٍ تحوي الواحدةُ منها آلافَ ملايينِ النُّجُومِ من أَصنافٍ مُختلفَةٍ. ولم يَبدأ الفلكيُّونَ في تَقْهِمِ طَبيعةِ النُّجُومِ حَقًّا إلا خِلالَ هذا القَرْنِ؛ وكانَ أَهْماهُم قَبْلًا مُنصَبًّا على مَواقِعِها.

## أطياف النُّجُوم

يُستخدَمُ الفلكيُّونَ مُعدَّاتٌ خاصَّةٌ تُجمَعُ ضوءَ النُّجُومِ ثُمَّ تُفَرِّقُهُ إلى طَيفٍ. ويتَضمَّنُ طيفُ النجمِ حُطوطًا مُظْلِمَةً، تُدعى حُطوطُ الامْتِصاصِ، تُبيِّنُ العنَاصِرَ الفُتَواجِدَةَ في ذلكَ النجمِ. ولقد صَنَعَتِ الفلكيَّةُ الأمريكيَّةُ، آني جنِيبُ كَانُونُ وآخرونَ، أَطيافَ آلافِ النُّجُومِ في أنماطٍ مُختلفَةٍ رَقِّمُوا كُلَّ نَقطَةٍ منها بِحَرفٍ أَلِفائيٍّ، ثُمَّ أَعَدُّوا تَرتيبَها بِحَسَبِ درجَةِ الحَرارةِ السُّطحيَّةِ فيها. والأنماطُ الرَّئيسيَّةُ من الأَشْخِنِ فالأَبْزَدِ هي «O»، «B»، «A»، «F»، «G»، «K» و«M».

الفُجَواتُ، أو حُطوطُ الامْتِصاصِ، في الطَيفِ تُبيِّنُ أنماطَ الضوءِ التي امتَصَّها النجمُ. وهذا يُحدِّدُ أنواعَ العنَاصِرِ التي يَتألَّفُ منها النجمُ.

يتحرَّكُ النُّجُومُ القَريبُ عَن خَلْفِيةٍ من النُّجُومِ الأَبْعَدُ كَثِيرًا، وكُلُّما زادَ تحَرُّكُهُ كانَ، بِالضَّرورةِ، أَقربَ إلى الأرضِ.



## اختلاف المنظر

ضَعُ اصْبِعُكَ أمامَكَ، وانظُر إليها أوْلاً بِعينِكَ اليسرى فَقَطْ، ثُمَّ بِعينِكَ اليمَنِ فَقَطْ، فسَتَجدُ أنَّ اصْبِعَكَ انزاحَتْ من مَوقِعِها بِالنِّسْبَةِ لِلخَلْفِيَّةِ ورائِعًا. ويزدادُ هذا الانزياحُ كُلُّما كانتِ الإصْبَعُ أَقربَ إلَيْكَ. وهكُذا يُتَخَذُ الانزياحُ قِياسًا نَوعِيًّا لِلْمَسافَةِ بَينَ الإصْبَعِ والعَيْنِ. هذه الظاهِرَةُ، المُعرُوفَةُ بِأَخْطافِ المنظرِ، يُمكنُ اسْتِخدامُها على نَطاقٍ أعظَمَ كَثِيرًا لِاحْتِسابِ أبعادِ النُّجُومِ القَريبةِ. وَحيثُ إنَّ الأرضَ تَدورُ في مَدارِها حَولَ الشَّمْسِ، فسَيَبدو النُّجُومُ وكأنَّه يَتحرَّكُ بِبطءٍ على خَلْفِيَّةٍ من النُّجُومِ الأَبْعَدُ كَثِيرًا. وبِقِياسِ زاوِيَةِ أَخْطافِ المنظرِ الحاصِلَةِ يُمكنُ تَقْدِيرُ المَسافَةِ بَينَ النجمِ والأرضِ.

تحتوي أجهزة دراسة الطيف، كالمطياف مثلاً، منشورات تُفَرِّقُ ضوءَ النُّجُومِ إلى طيفٍ يُمكنُ تحليله.

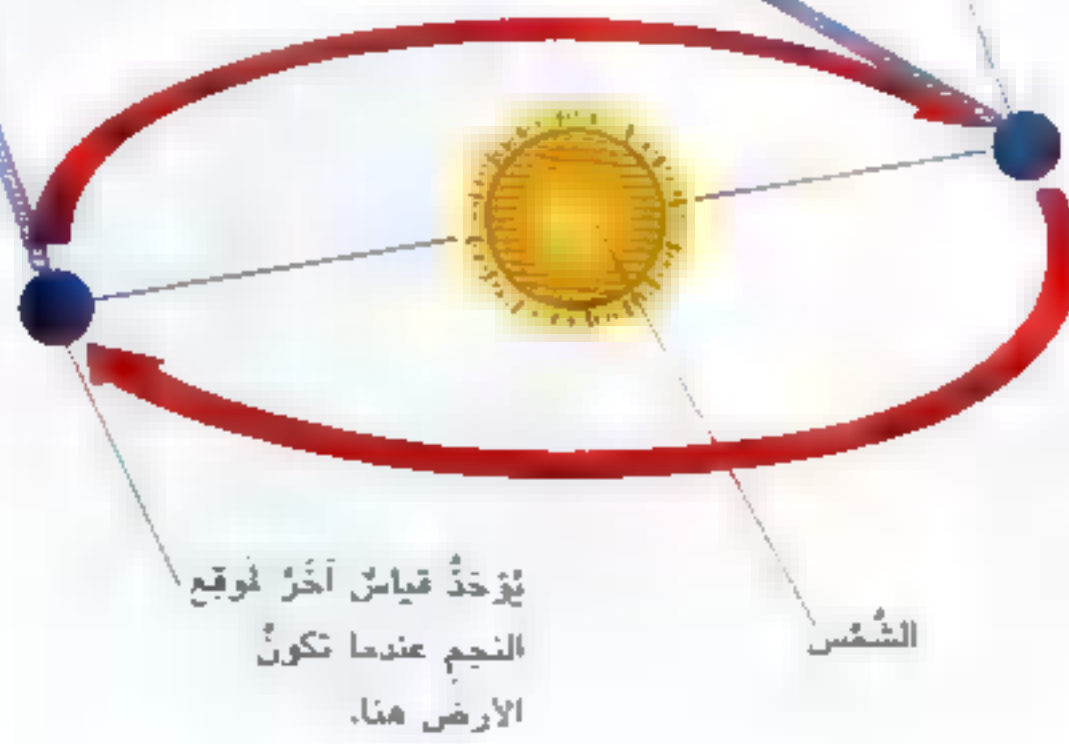


## داخِلُ النُّجُومِ

مُعظَمُ النُّجُومِ، كالشَّمْسِ، تتألَّفُ بِكاملِها تقريبًا من غازَينِ هما الهيدروجينُ والهيليومُ، بِالإضافة إلى كَميَّاتٍ ضئيلةٍ جَدًّا من عَنَاصِرٍ أُخَرى. وينضَظُّ الغازانِ بِشِدَّةٍ هائلةٍ في قَلْبِ النُّجُومِ (مُركِزِهِ) الَّذي يُصْبِحُ كَثيرًا جَدًّا وَحارًّا جَدًّا - بِحيثُ تَجرى فيه تَفاعلاتُ الاندِماجِ النَّوَوِيِّ. فتُشعَّدُ ذَراتُ الهيدروجينِ لِنتِيجِ الهيليومِ. فيما تُبْعثُ طَاقَةُ هائلةٍ بِفَقْدِ الكَثيرِ. وتَنقَلُ هذه الطَاقَةُ من القَلْبِ إلى سَطْحِ النُّجُومِ حيثُ تَنطَلِقُ ضَوءًا وَحرارةً.

الطَاقَةُ المُنبَعثَةُ من القَلْبِ تَنقَلُ عَنَاصِرَ النجمِ بِالخَطِّ والإشعاعِ.

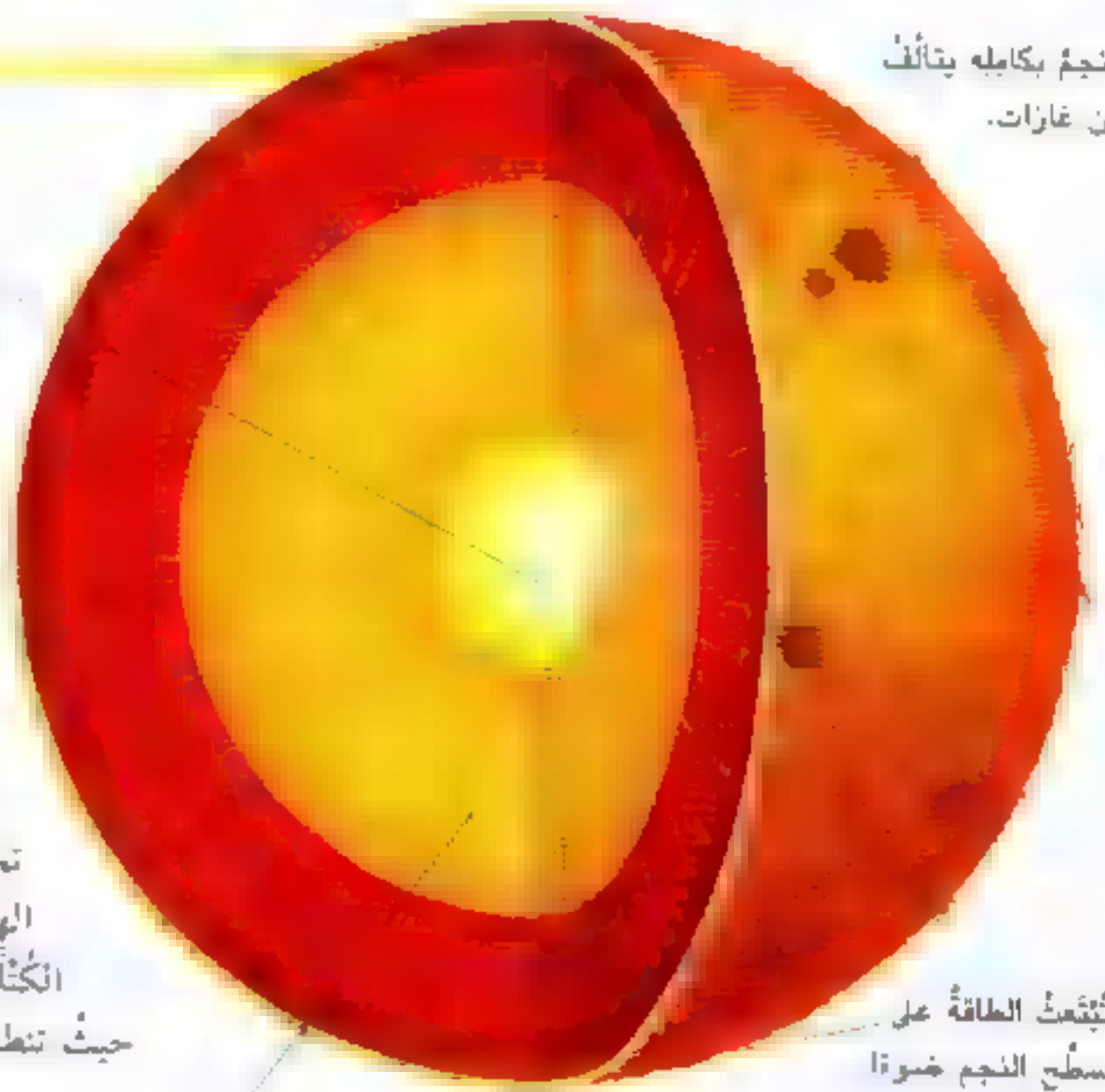
يُؤخَذُ قِياسُ مَوقِعِ النُّجُومِ عَندما تَكونُ الأرضُ هُنا.



تزدادُ درجَةُ حرارةِ النُّجُومِ وكثافتُهُ في أَتِجاهِ مُركِزِهِ.

تَشعُّدُ الجاذبيَّةِ الغازاتِ إلى الداخلِ، فيما يَدفعُها الضَّوءُ والضغطُ إلى الخارجِ.

النجمُ بِكاملِهِ يَتألَّفُ من غازاتٍ.



## سِيسِيلِيَا بَاينِ جَابوشِكِين

في القَرْنِ التاسعِ عَشَرَ، يَزُنُ الفلكيُّ الإنكليزيُّ، ولِيمُ هِجِنز، أنَّ النُّجُومَ تتألَّفُ من العَنَاصِرِ نَفسِها التي تتألَّفُ منها الأرضُ. لَكنَ في العِشرِينِيَّاتِ من القَرْنِ العِشرِينَ برَهِنتِ الفلكيَّةُ البريطانيَّةُ، سِيسِيلِيَا بَاينِ جَابوشِكِين (١٩٧٩-١٩٠٠)،

أنَّ النُّجُومَ تتألَّفُ في مُعظَمِها من الهيدروجينِ. كما اكتَشَفَتْ أيضًا أنَّ تَركيبَ مُعظَمِ النُّجُومِ مُتماثِلٌ. وكانتِ هذه اكتِشافاتٌ عَظِيمَةٌ جَعَلَتْها رائِدةً في مَجالِ الفيزياءِ الفلكيَّةِ النَجميَّةِ (عِلْمِ وَدراسةِ العَمَلِيَّاتِ الطَبيعيَّةِ والكِيميائيَّةِ في النُّجُومِ).



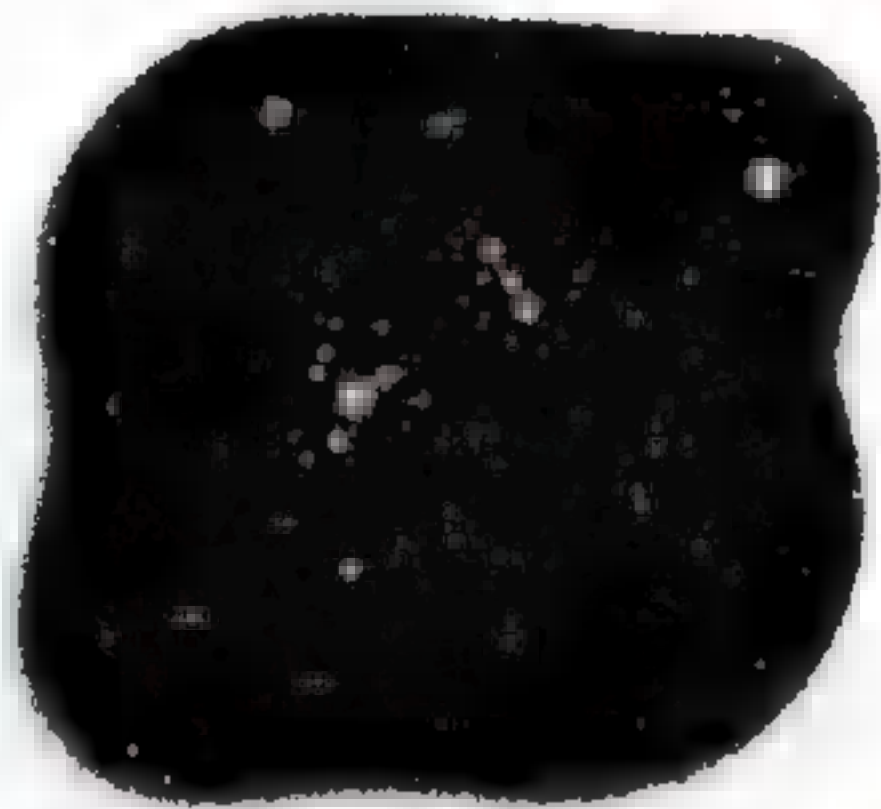


## نجوم المتوالية الرئيسية

النجوم في أعلى المتوالية الرئيسية كتلة الواحد منها أكثر من كتلة الشمس ٦٠ مرة، أما تلك التي في أسفلها فكتلة النجم منها  $\frac{1}{10}$  من كتلة الشمس فقط.

هذا النجم الأبيض المرقق هو من النمط بي «B» حيث تبلغ درجة الحرارة حوالي ٢٠٠٠٠°س.

النجم البيض هي من النمط إي «A» حيث تبلغ درجة الحرارة حوالي ١٠٠٠٠°س.



### فتوة غلبة المجوهرات

يبدو معظم النجوم كنقاط نيرة فضية في سماء الأرض؛ لكن يمكننا رؤية اللون الحقيقي لبعض النجوم. هذه المجموعة المتألقة المتعددة الألوان تسمى فتوة غلبة المجوهرات.

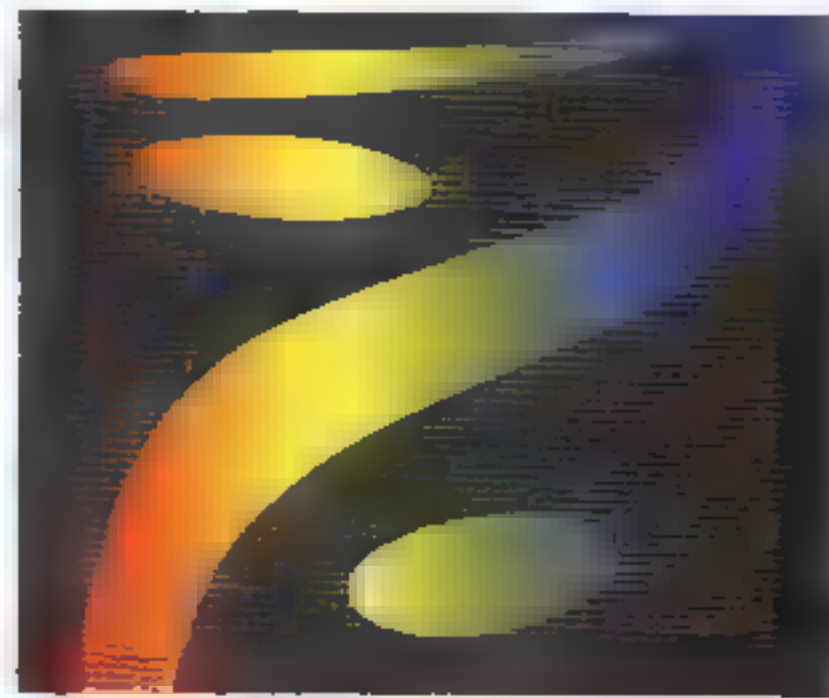
هذا النجم الأصفر يشبه شمسنا - وهو نجم من النمط جي، وتبلغ درجة حرارته حوالي ٦٠٠٠°س.

هذا النجم البرتقالي من النمط كي، وتبلغ درجة حرارته ٤٧٠٠°س.

هذا النجم الأبيض المصفر هو من النمط إف، حيث درجة الحرارة حوالي ٧٥٠٠°س.

نجوم ساطعة  
مقدار التصوع  
الطلق

نجوم خافتة



الغالبية الزرقاء نجوم ساطعة جدًا وحارة جدًا، وهي من النمط أو «O» حيث تبلغ درجة الحرارة حوالي ٣٥٠٠٠°س.

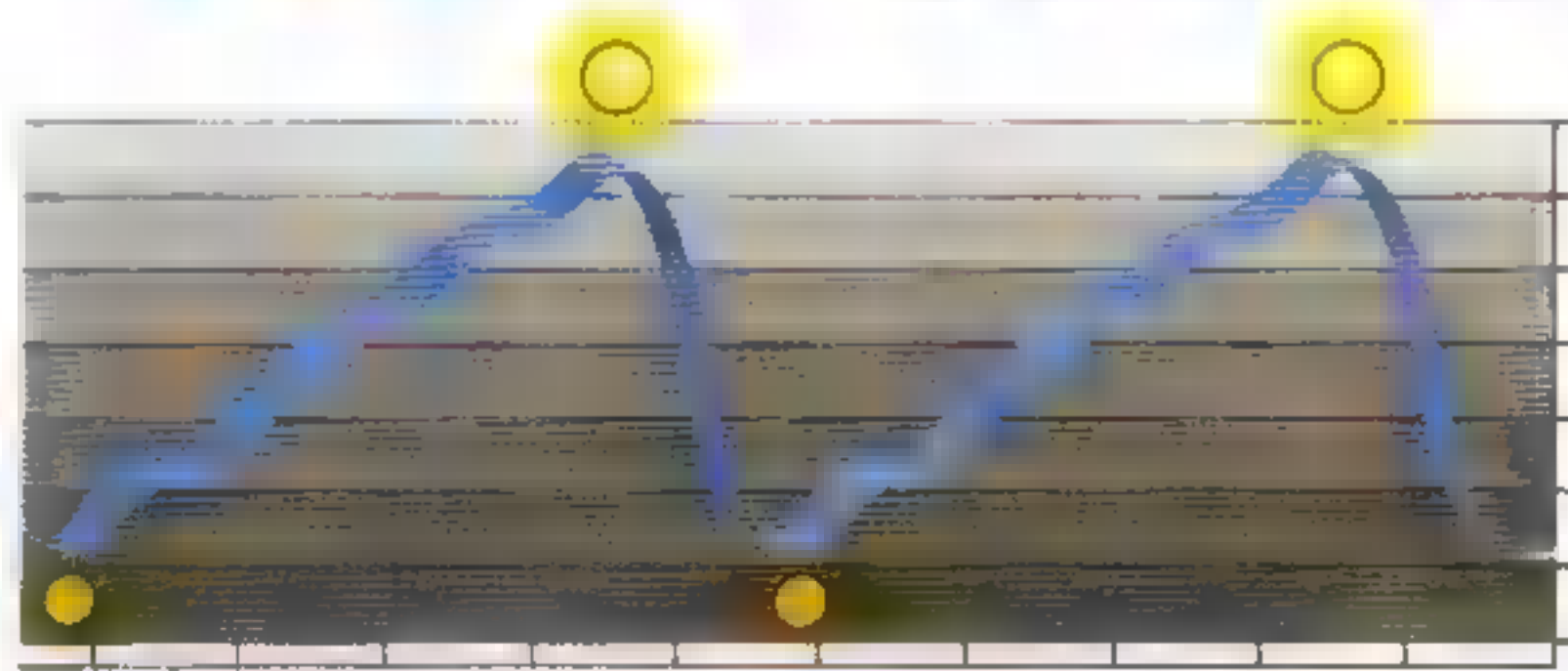
الانماط الطيفية النجمية أو، بي، إي، إف، جي، كي، إم (فيما سُمي لاحقًا تصنيف هارفرد) ذات علاقة بلون النجم ودرجة حرارته. فالنجوم ذات النمط أو زرقاء حارة، والنجوم ذات النمط إم حمراء وأخفض حرارة.

## نجوم المتوالية الرئيسية

لأن النجم يعطي فكرة عن درجة حرارته السطحية؛ فالنجوم الزرقاء حارة والنجوم الحمراء أبرد نوعًا. وإذا ما رسم خط بياني لدرجات الحرارة في مقابل التصوع المطلق للنجم، فإن معظم النجوم تقع داخل نطاق ضيق يسمى المتوالية الرئيسية - أي إنه كلما ازدادت حرارة النجم ازداد تصوعه. إن جميع النجوم في المتوالية الرئيسية هي في فترة مستقرة من حياتها - أي إن إشعاعها مقدر مستقر لأن تفاعلات اندماج الهيدروجين في قلبها مستمرة. لكن عندما يستنفذ الوقود الهيدروجيني فإن النجم يغادر المتوالية الرئيسية. ويلاحظ أن النجوم الأعظم كتلة تغادر المتوالية بسرعة أكبر من الأقل كتلة.

هذا النجم الصغير جدًا هو قرمز أحمر خافت بارد نوعًا من النمط إم، وتبلغ درجة حرارته حوالي ٣٠٠٠°س.

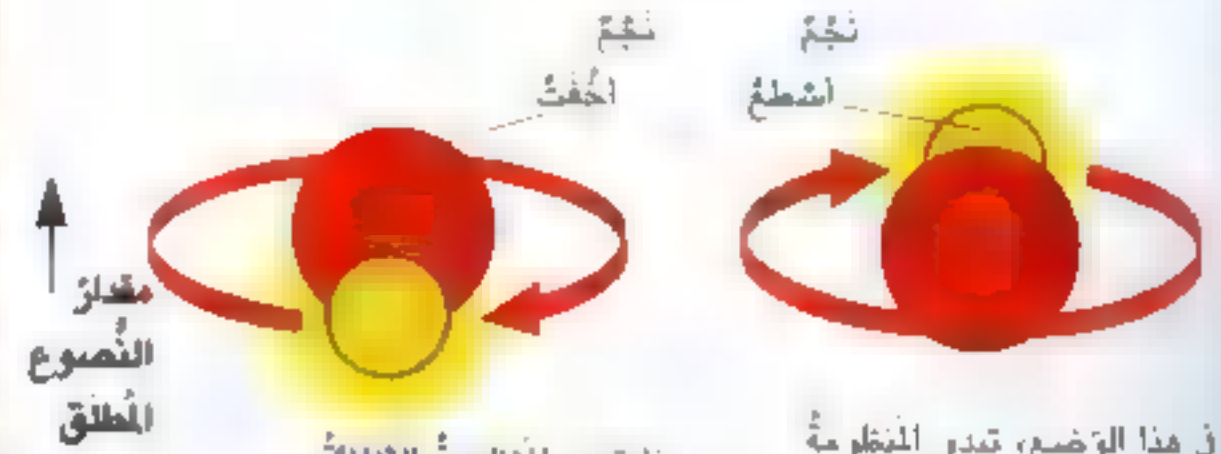
نجوم زرقاء حارة درجة حرارة السطح نجوم خمر باردة الخط البياني يدعى مخطط هرتزشبرنج - راسل، يشبه الـ الفلكيين إنجر هرتزشبرنج الدانمركي، وهنري نورس راسل الأمريكي، اللذين وضعاه عام ١٩١٣.



الزمن ← هذا المخطط يبين تغير تصوع نجم قيفاوي مع الزمن.

### النجوم المتغيرة

بعض النجوم بتغير تصوعها، وهذه النجوم مختلفة الأصناف بعضها، مثلاً، الشمس نجوم القنارة «أرز» بتغير تصوعها في أقل من يوم؛ بينما آخر من النجوم القيفاوية تستغرق ما بين اليوم والمئة يوم لتتغير. وهناك نجوم أخرى، تدعى متغيرات ميرا، قد تستغرق حتى اثنين لتكمل دورة تغيرها. وجدير بالذكر أن تغير تصوع النجوم القيفاوية عائد إلى تغير في طبيعتها - حجمًا ودرجة حرارة. فهي تبعث ضوءًا أشد في حال تمددها، وأخفت في حال تقلصها. والنجوم لا تسلك هكذا دائمًا - إنما هو السلوك الطبيعي لنجم عادي يمر بمرحلة التلاشي في أواخر حياته!



هنا تبدو المنظومة الثنائية من الأرض، ساطعة لأن النجم الأسطع يقع أمام النجم الأخفت.

في هذا الوضع، تبدو المنظومة الثنائية من الأرض خافتة لأن النجم الأخفت يحجب النجم الأسطع.

### الثوابت الكسوفية

تسمى قرابة نصف النجوم في الكون إلى نظام الثوابت حيث يدور نجما المنظومة الثنائية واحدهما حول الآخر. وقد يكون النجمان متقاربين بحيث يكادان ينماشان، أو متباعدين تفصلهما ملايين الكيلومترات. ويمكننا كشف المنظومات الثنائية بطرق مختلفة. فإذا تمكننا من رؤية المنظومة الثنائية جانيًا من الأرض، نلاحظ بوضوح تغيرات التصوع كلما مر أحد النجمين دوريًا أمام الآخر حاجبًا نوره كليًا أو جزئيًا. هذه الثوابت تسمى الثوابت الكسوفية.

### لمزيد من المعلومات أنظر

- الطاقة النووية ص ١٣٦
- مصادر الضوء ص ١٩٣
- الإنكسار ص ١٩٦
- المجرات ص ٢٧٦
- ذرة حياة النجوم ص ٢٨٠
- الشمس ص ٢٨٤
- حقائق ومعلومات ص ٤١٨



# دورة حياة النجوم

لا شيء في الكون يبقى إلى الأبد على حاله، ولا تستثنى من ذلك النجوم. لكن لا يمكننا رؤية نجم يتغير، لأنه يُعمر بلايين وبلايين السنين. إن منشأ النجوم كلها هو سحب الغاز والغبار التي كانت قد تكوّنت ببطء من الذرات المتناثرة بضالة في الفضاء. وهي تولّد جماعات، يتفرّق معظمها، ويبقى بعضها الآخر متصّماً بفعل الجاذبية. ويعتمد تالي حياة النجم على عظم كتلته، فكلّما ازدادت كتلته ازدادت سرعة استهلاكه لوقوده الهيدروجيني، وغدت حياته أقصر وأعصف. بعض النجوم تبلغ من عظم الكتلة بحيث سرعان ما تتفجّر؛ لكن غالبيتها، كما شمسنا، تنعم بفترة استقرار من حياتها تسطع فيها بأطوارٍ مستمرة.

## مراحل في حياة النجم

بدأت الشمس حياتها ضمن مجموعة من النجوم، لكنها الآن نجم مستقل بذاته. وتتمثل الصّور المرفقة مراحل حياة الشمس منذ نشأت كنجم بدائي من سديم غازي إلى حاضرها اليوم كنجم ساطع مستقر ثم استمرارها إلى احتضارها مستقبلاً كقزم أبيض. إن النجوم الأعظم كتلة من الشمس والاشدّ حمواً تستنفذ وقودها بسرعة أكثر كثيراً، لذا فهي لا تقضي من أجليها إلا جزءاً ضئيلاً نسبياً كنجم ساطع مستقر.

نجم بدائي  
نجم من نمط  
نجوم كوكبة  
الثور

تولّد النجوم الجديدة من سحب الغاز والغبار مستمرة على الدوام.

تتفكك أجزاء من السديم بفعل الجاذبية ويصبح كل جزء اشدّ كثافة في مركزه، حيث تختبئ الحرارة، ليكوّن نجماً بدائياً.

عندما تبلغ حرارة النجم البدائي حداً كافياً، تبدأ فيه تفاعلات الاندماج النووي، وتنبعث الطاقة. ويخضع النجم نمط نجوم الثورست المتغيرة، فيما تتناثر بقية السديم.

نشد الجاذبية  
ذرات الهيدروجين في  
الشمس نحو المركز حيث  
تصادم وتتداخّل لتكوّن الهليوم -  
مُنبعث طاقة عظيمة، فيما ينفى ضغط  
المركز النجم مستمداً. وهذه هي الفترة المستقرة من حياة  
النجم حين يُصنّف بين نجوم المتوالية الرئيسية.

نجم  
المتوالية الرئيسية

يزداد سطوع النجم  
وضيائته كلما ازداد  
قلبه كثافة وحمواً.

يقضي نجم كالشمس مدة ١٠ بلايين سنة كنجم  
من نجوم المتوالية الرئيسية، ولغد الشمس الآن  
في منتصف حياتها في هذه المتوالية.

## أقناء النجوم

تتخذ داخل مجرة درب النّابة أقناء نجمية - علماً أنّ نجوم كل قنوّ تتكوّن من سحابة واحدة - أي إنّ عمرها واحد وتركيبها الأوليّ متماثل. هناك نمطان من الأقناء - المبعثرة والكروية. يضم القنوّ المبعثرة بضع مئات من النجوم العشوائية الترتيب، وتتواجد هذه الأقناء في الأجزاء الخارجية (القرص المسطح) من مجرتنا. أمّا الأقناء الكروية فيحوي القنوّ منها مئات الآلاف من النجوم البالغة القدم في نسق كروي، وتوجد هذه الأقناء في الكرة الضخمة حول مركز مجرتنا.

• أقناء (سحابة) منتشرة  
من النجوم النابضة

• أقناء من النجوم  
المتوسطة العمر

• أقناء كروية من  
النجوم القديمة

قنوّ نجوم الثريا

## قنوّ مبعثرة

الثريا قنوّ مبعثر من  
النجوم الفتية (والفتية  
في مصطلحات  
النجوم تعني أنّ  
عمرها حوالي ٦٠

مليون سنة) تتشبه على  
مدى ٣٠ سنة ضوئية في

الفضاء. يندو قنوّ الثريا للفتين

المبعثرة كبقعة ضوئية ضبابية تبرز من

بينها سبعة نجوم تيرة؛ أمّا بواسطة مقراب

قوي فيمكننا مشاهدة أجرام أكثر بكثير من

لنجوم الضاربة إلى الزرقاء، إضافة إلى سحب الغاز

والغبار التي تعلقت فيها تلك النجوم.

## قنوّ كروي

تتألف الأقناء الكروية من نجوم بالغة  
القدم يُعتقد أنها نشأت في

الزمن نفسه كالمجرات

التي تحتويها. لذا يُمكن  
أن توفّر هذه الأقناء

الكروية معلومات  
عن مراحل الحياة

الأولى بلرب النّابة  
قنوّ نجوم الطوفان

٤٧ هذا، يرى بالعين  
المجردة من نصف الكرة

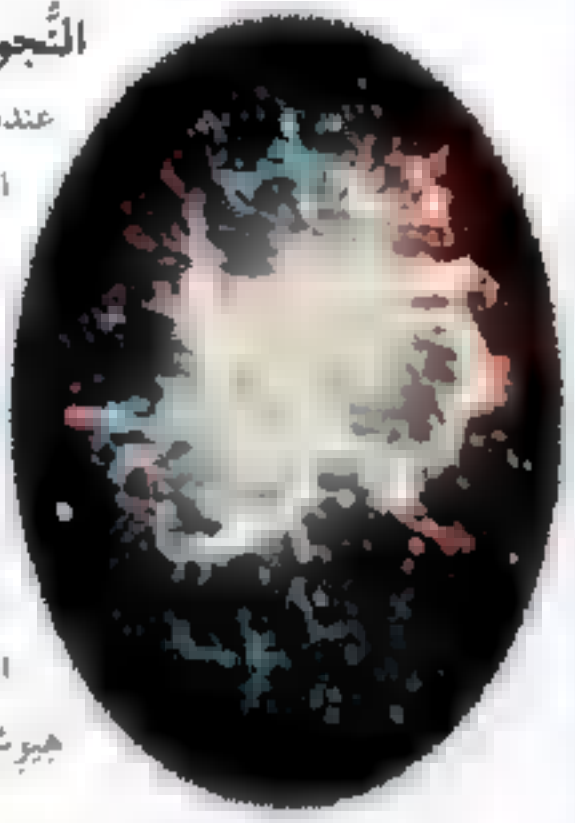
الجنوبي للأرض.

قنوّ نجوم  
الطوفان ٤٧



## النجوم النيوترونية

عندما يتقبض نجم، كتلته بين 1.4 و 3 مرات كتلة الشمس، يختلص ورائه قلباً يدعى نجماً نيوترونياً. ويبلغ غلاف التقبض حداً يجعل إلكترونات الذرات تندمج مع بروتوناتها لتكوّن نيوترونات؛ وتتراص مادة النجم كلها في كرة كثافتها تفوق التصور، يبلغ قطرها حوالي 10 كم. تنبعث طاقة عظيمة والبلسار هو نجم نيوتروني يدوم بسرعة متباعدة نبضات ضوئية نحو الأرض (كالمنارة). وكان الفلكي البريطانيان، جوسلين بريل وأندوني هيويس أول من اكتشف البلسارات عام 1967.



في العام 1954، سجل الصينيون ظهور نجم، مما يدعى اليوم متجدداً اعظم، كان من شدة السطوع بحيث يذرى في ضوء النهار. وتشاهد بقايا تفجير هذا النجم حالياً في سديم السرطان، وقد غدا قلبه بلساراً يدوم 30 مرة في الثانية.

نجم عملاق  
احمر

نجم  
فيقاي

تبدأ في  
الهليوم المتبقي  
تفاعلات الاندماج  
الثوري مكونة  
الكربون، ويدعى  
النجم حينئذ  
نجماً فيقاي،  
وهو يتقلص  
ويتقعد  
باستمرار فاقداً  
الطبقات الخارجية  
من المادة فيه.

يزداد سطوع النجم  
التفجير ملايين المرات على  
مدى أسابيع وأشهر، فيبدو  
متألّفاً في السماء كنجم متجدد اعظم.

جاذبية الثقوب الاسود الهائلة تشحب

إلى داخله مواد من نجم  
شجور. وهذا يجعل  
اكتشاف الثقوب ممكناً.  
فالواد المدومة أثناء  
دخولها الثقب تصبح  
حارة جداً، وتنبعث  
اشعة سينية يمكن كشفها.

استنفذ الهيدروجين، لكن حرارة المركز  
الآن هي من الشدة بحيث يتمدد  
النجم - بينما يبرد سطحه فتحوّل إلى  
نجم احمر يدعى عملاقاً احمر.

## الثقوب السوداء

تقرى النجم الذي تزيد كتلته على ثلاثة  
أضعاف كتلة الشمس أحداث غريبة.  
ففي نهاية حياته، يتقبض النجم  
متراساً أكثر فأكثر وتزداد  
كثافته أكثر فأكثر حتى لا  
يستطيع الإفلات من جاذبيته  
شيء حتى الضوء. وهكذا يصبح  
ثقباً أسوداً ذا مفردة (نقطة لامتناهية  
الكثافة) في مركزه.

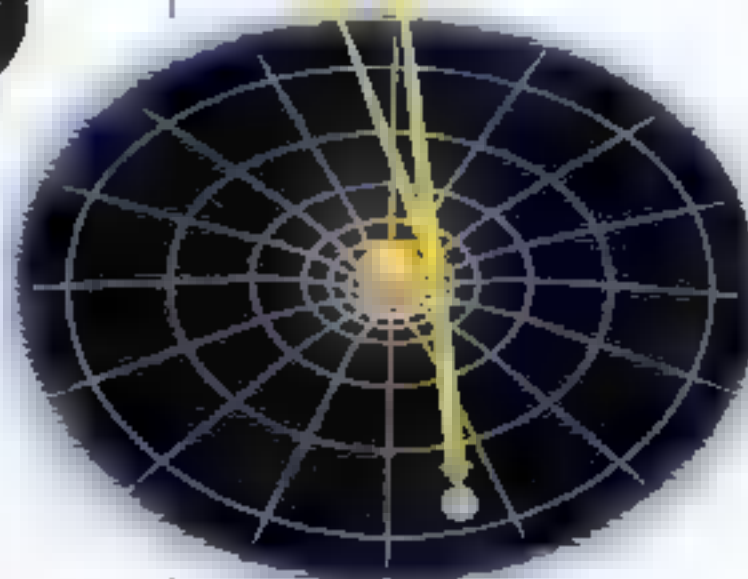
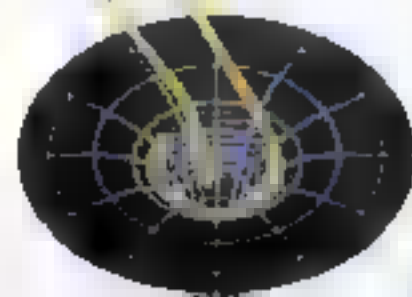
يأخني الضوء بفقر كبير حول الثقب  
الاسود - فلا يستطيع الإفلات.

الأجسام المادية تقوس الفضاء حسب نظرية  
النسبية العامة. ولو كان الجسم المادي الكوني  
هائل الكثافة (بمتراس كبيرة من المادة في  
خيز صغير)، فقد يمتلئ الفضاء إلى ماوية  
سحيقة - كتقبة اسود كبير.

## نظرية النسبية العامة

في العام 1915، نشر ألبرت أينشتاين نظريته الشهيرة  
حينئذ والشهيرة حالياً باسم نظرية النسبية العامة.  
وهي تقدم مفهوماً مختلفاً تماماً حول الجاذبية  
باعتبارها خاصّة فضائية لا قوة تجاذب بين  
الأجسام. فالأجسام المادية تقوس الفضاء كما  
يقوس ثقل شبكة الترامبولين، وهكذا «تسقط»  
الأجسام نحو أجسام أخرى؛ حتى الضوء «تسقط»  
في الفراغ المقوس حول جسم ما فيتخني مساره.  
وقد وضعت هذه النظرية الغريبة على الميخك أثناء  
كسوف الشمس عام 1919 حين رُصد عملياً انحناء  
اشعة الضوء من نجم بعيد بفعل جاذبية الشمس -  
لقد كان أينشتاين على حق!

يشو النجم كأنه في موقع  
مختلف عن موقعه الحقيقي لأن  
ضوءه انحنى بتأثير الشمس.  
موقع النجم  
الظاهري  
موقع النجم  
الحقيقي



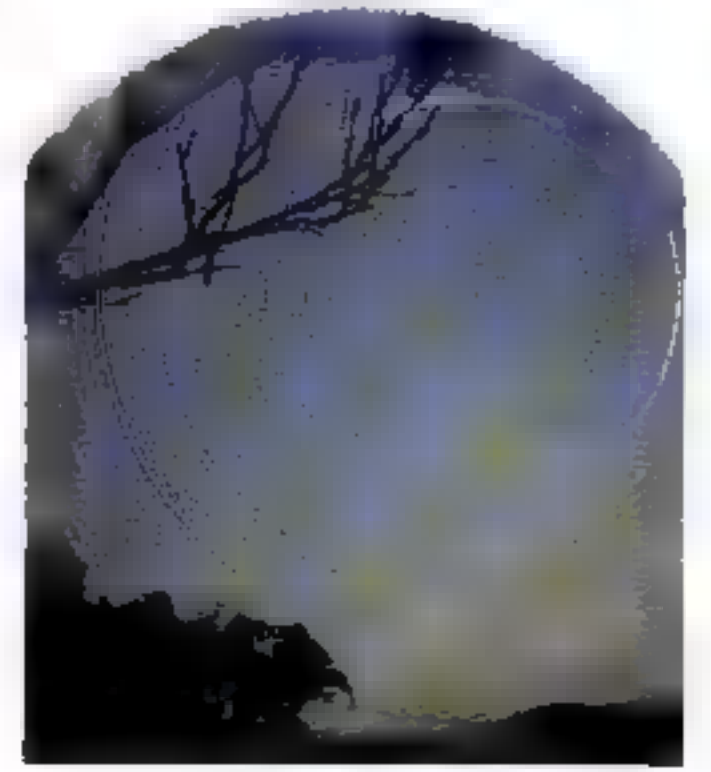
### لمزيد من المعلومات انظر

- البنية الذرية ص 24
- الجاذبية ص 122
- الطاقة النووية ص 136
- أصل الكون ص 275
- المجرات ص 276
- النجوم ص 278
- الشمس ص 284



# الكوكبات (الأبراج)

النقاط الضوئية المتلاثة في سماء الليل تبدو جميعها متماثلة للوهلة الأولى. منذ آلاف السنين، قسّم الفلكيون القدامى النجوم إلى مجموعات تمثلوها في صور خيالية، كصور العقرب والدب والأسد، بحيث يسهل استذكارها - وهكذا ولد نظام الكوكبات المعروف. الواقع أنه لا علاقة بين نجوم الكوكبة الواحدة، فهي تبدو في أشكالها ومجموعاتها تلك فقط عندما يُنظر إليها من الأرض. والنجوم كلها بعيدة جدًا بحيث تبدو في مدى البعد نفسه، وهي تتحرك معًا كأنها ملصقة داخل طاس هائل - هو الكرة السماوية.



## مسارات النجوم

تبدو النجوم، من الأرض، وكأنها تدور حول نقطتين وهميتين في السماء - هما القطبان السماويان الشمالي والجنوبي. الصورة أعلاه تظهر مسارات النجوم في سماء الليل من أثارها الضوئية.

الأرض داخل  
«الكرة السماوية»

تبدو الشمس من الأرض في مسار ظاهري سنوي على خلفية من النجوم. ويطلق على كوكبات النجوم في هذه الخلفية دائرة البروج.

تُستخدم أنماط النجوم وأوضاعها في الملاحة (فتحكم القطب يُحدد القطب الشمالي للأرض) كما في التقاويم (فمن الأرض تُشاهد أبراج مختلفة من النجوم خلال السنة، أثناء دوران الأرض حول الشمس).

بعض الخرائط النجمية القديمة كانت تقسّم أكثر منها علمية.

## الجبار

الجبار كوكبة تهلّ مشاهدتها في صورة محارب تُحذو كنجته وزكّيته أربعة نجوم ساطعة، وتُميّز جزائه ثلاثة أخرى، دونها نجم آخر (سديم الجبار) يُمثل سيفه.

## تصنيف النجوم

يستخدم الفلكيون منظومة، متفقًا عليها دوليًا، تُضم ٨٨ كوكبة - تُعرف اثنتا عشرة منها بدائرة البروج. وهذه تُشكّل المسار الخلفية لحركات الكواكب السيارة والقمر والشمس. وتُميز النجوم المُختصة داخل إحدى الكوكبات بحرف من الأبجدية اليونانية فيرقم النجم الأكثر سطوعًا ألفا، والثاني بيتا، وهكذا دواليك.

## المقدّر - قياس النجوم

يستخدم الفلكيون أرقامًا في تقدير نُجوم النجوم. فمقياس المقدّر الظاهري لا يصف نُجوم النجم على حقيقته، بل كيف يبدو ذلك النجم من الأرض. وكلما ازداد الرقم المُعطى للنجم ازداد خفته. والنجوم ذات قدر النجوم من ١ إلى ٦ يُمكن رؤيتها بالعين المُجرّدة.



خريطة نجمية خفيفة.



## الخرائط النجمية

الخرائط النجمية القديمة حذبت السماء الشمالية بالحيوانات والأشكال الأسطورية. ومع ازدياد حركة الملاحة جنوبًا صار بالإمكان تخطيط المزيد من السماء. ويظهر التلسكوبات وتطور تقنيات الرصد تحدّث مواقع النجوم بدقة متزايدة. وتلاشى، أوكاد، إنتاج الخرائط التي تُبرز الأبراج قديمًا. وبدأ لاحقًا إعداد الخرائط الفلكية فوتوغرافية بواسطة الحواسيب. واليوم تحفظ السوائل مواقع النجوم بدقة وشرعية فائقتين.



## لمزيد من المعلومات انظر

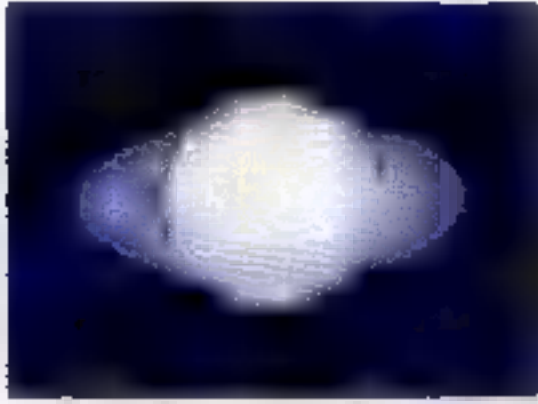
- الكون ص ٢٧٤
- النجوم ص ٢٧٨
- دورة حياة النجوم ص ٢٨٠
- علم الفلك ص ٢٩٦
- التلسكوبات الأرضية ص ٢٩٧
- حقائق ومعلومات ص ٤١٨



# النظام الشمسي

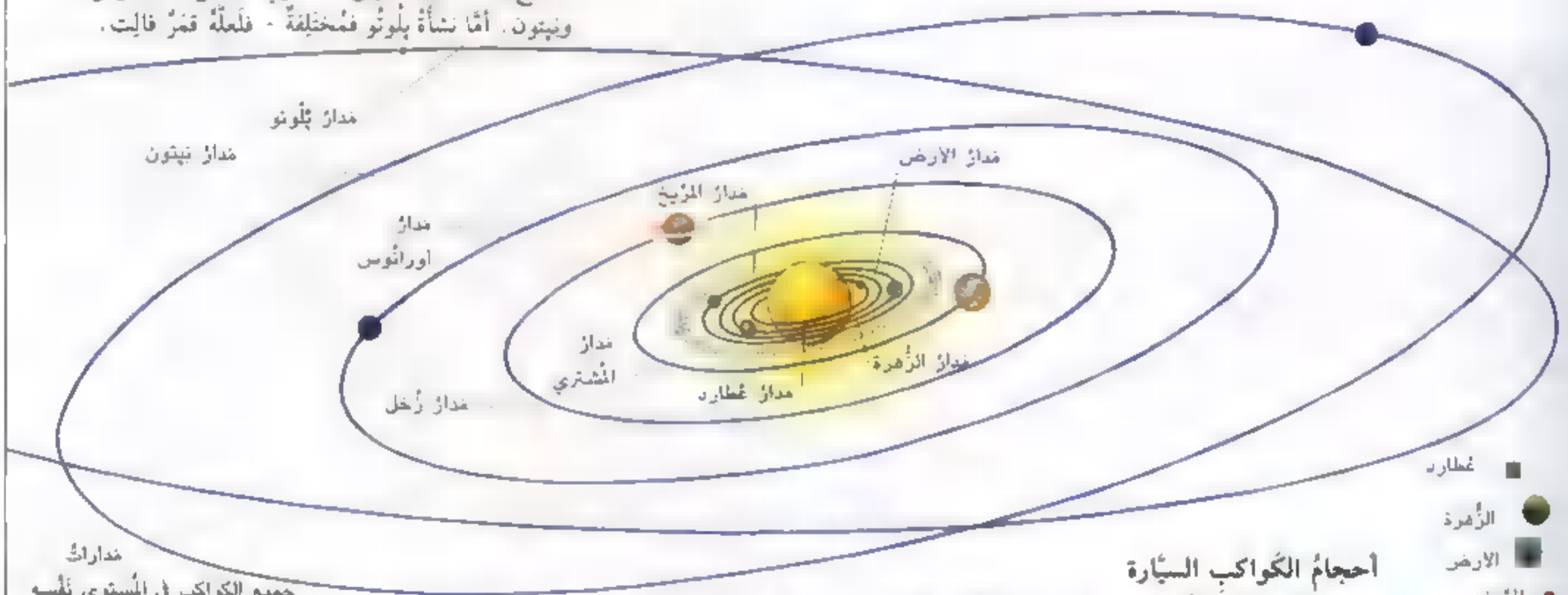
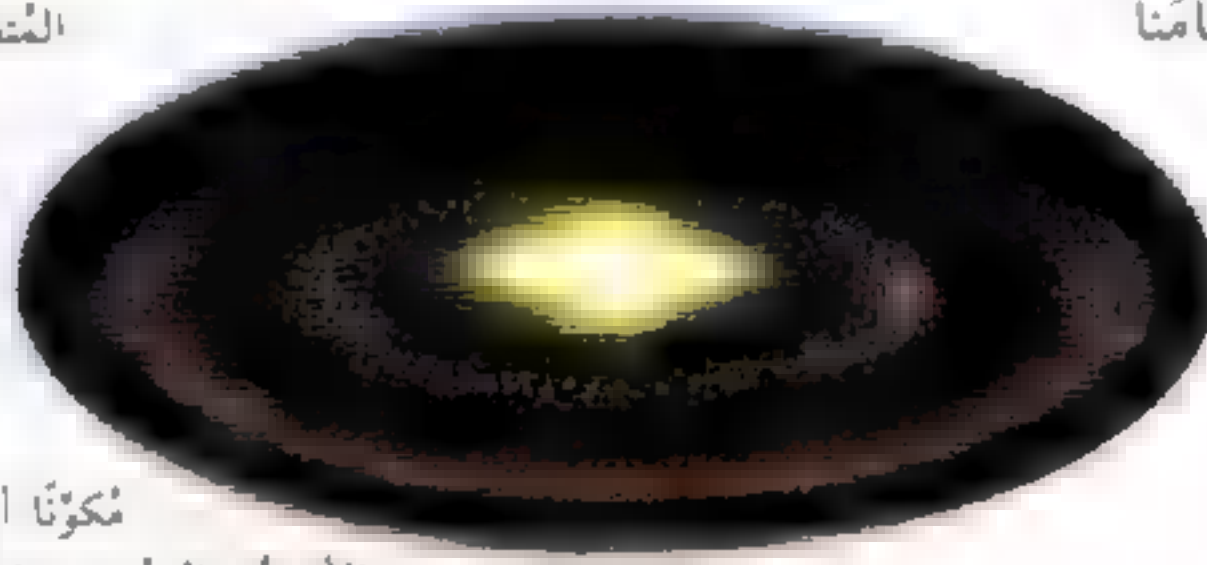
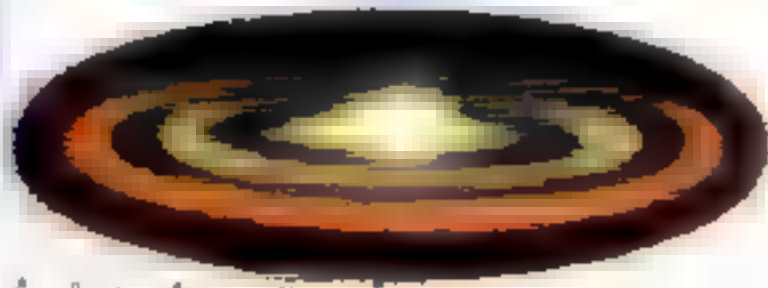
منذ ملايين السنين تنشأت عائلة من الكواكب السيارة في مدارات حول الشمس، وهي مع الشمس تؤلف ما يُعرف بالنظام الشمسي. ويضم هذا النظام الفلكي، الممتد على مدى ١٢٠٠٠ مليون كم في الفضاء، أيضاً، الكويكبات (السيارات الصغيرة بين مداري المريخ والمشتري) والمذنبات والأقمار (الأجسام الدائرة حول الكواكب السيارة) والغبار بين الكواكب. والشمس هي الجرم المهيمن في هذا النظام - إذ تشكل أكثر من ٩٩ بالمئة من كتلته الإجمالية. قديماً اعتبر هذا النظام مركز الكون والجزء الأكبر منه. لكننا نعلم اليوم أن نظامنا الشمسي ما هو إلا بقعة هبائية الضالة بالمقارنة مع بقية الكون.

اكتشف الفلكيون تطلقاً من الغاز والغبار حول بعض النجوم الفتية، مما يعني إمكانية وجود أنظمة فلكية كواكبية أخرى.



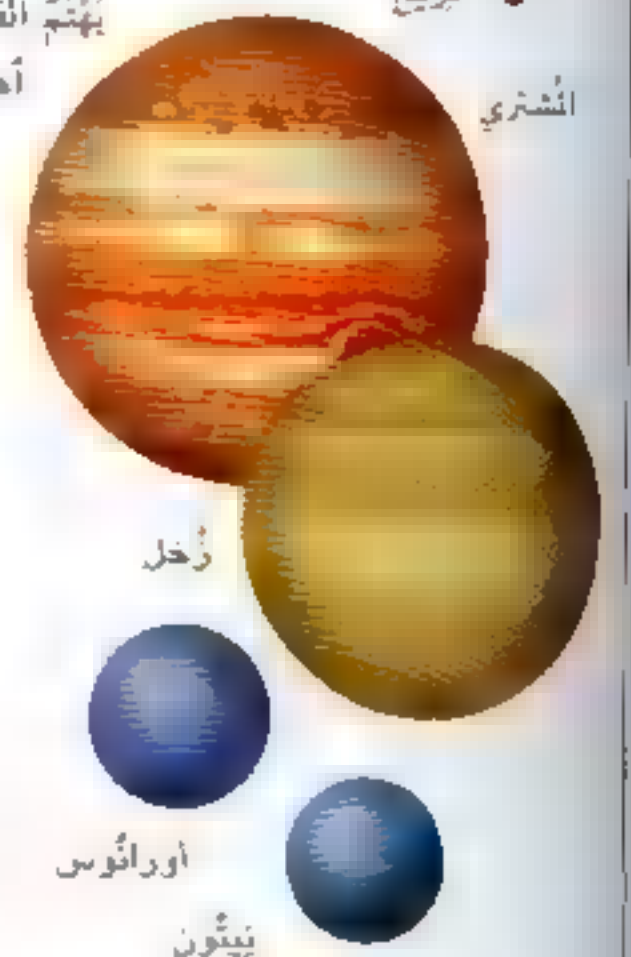
## نشأة النظام الشمسي

نشأت الكواكب السيارة والأجرام الأخرى في المنظومة، منذ ٤٦٠٠ مليون سنة، من بقايا المادة المتخلفة من تكون الشمس. فقد كانت الشمس محاطة بكثرة من الغاز (مريخ من الهيدروجين والهيليوم) والغبار (حديد وصخور وتلج)، تدعى السديم الشمسي، تحولت لاحقاً إلى قرص مسطح دوّار. ثم تلاصق الغبار بعضه ببعض مكوناً أربع كتل - هي عطارد والمريخ والأرض والزهرة. وفي نطاق خارجي أبعد، اتحد الغبار والتلج بالغازات لتكوين المشتري وزحل وأورانوس ونبتون. أما نشأة بلوتو فمختلفة - فلعله قمر فائت.



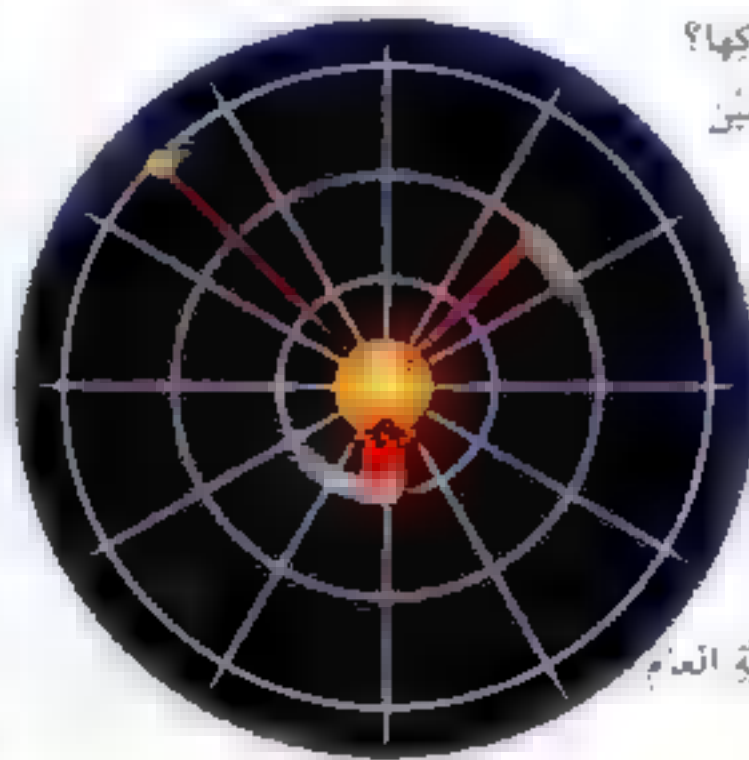
## أحجام الكواكب السيارة

يَهْتَمُّ الفلكيون بكتلة الجرم (أي كمية المادة فيه) أكثر من أهميتهم بقطره (أو حجمه). أكبر الكواكب السيارة كتلة وحجماً هو المشتري.



## الجاذبية في النظام الشمسي

ما الذي يُمَيِّز كواكب النظام الشمسي في أفلاكها؟ إنها الجاذبية - وهي قوة تجاذب بين كتلتي جسمين تتناسب طردياً مع مقدار كتلتهما وعكسياً مع مربع المسافة بينهما. ينص قانون الجاذبية العام لنيوتن. والجاذبية تبقي مادة الجرم متماسكة، وإذا كانت قوية بما فيه الكفاية، فإنها تجذب غازات نوى الكوكب السيار أو القمر فتكوّن جوّاً حوله. في القرن السابع عشر، تقاضى العالم الإنكليزي، إسحق نيوتن، حركة القمر والكواكب السيارة، ووضع قانون الجاذبية العام الذي هو أحد القوانين الأساسية في الكون.



## المدارات

جميع الكواكب في المستوي نفسه. مدار عطارد وبلوتو.

النظام الشمسي قرص الشكلي مركزه الشمس والكواكب السيارة تدور حولها في مدارات (أو أفلاك) معينة في اتجاه واحد لكن بسرعات مختلفة. وهي تستغرق أوقاتاً مختلفة لتكمل دوراتها حول الشمس.

## لمزيد من المعلومات انظر

الجاذبية ص ١٢٢
الشمس ص ٢٨٤
عطارد والزهرة ص ٢٨٦
الأرض ص ٢٨٧
المريخ ص ٢٨٩
المشتري ص ٢٩٠
زحل ص ٢٩١ ، أورانوس ص ٢٩٢
نبتون وبلوتو ص ٢٩٣
خفاق ومعلومات ص ٤١٨



# الشَّمْسُ

الشَّمْسُ أقرب النُجُوم إلينا، وبدراسيتها يُمكننا تعرُّف الكثير عن النُجُوم الأخرى في الكَون. فهي، كسائر النجوم، كُرَّة ضخمة مُضيئة من الغازات الحارة يتألف معظمها من الهيدروجين وبعض الهيليوم وكميات ضئيلة من العناصر الأخرى. وتجري داخل الشَّمْس تفاعلات الاندماج النووي باستمرار مُولدة الطاقة كضوء وحرارة، فتبلغ درجة الحرارة في مركزها حوالي ١٤٠٠٠٠٠٠°س. تنشأت الشَّمْس من سديم غاز وغبار منذ حوالي ٥٠٠٠ مليون سنة ضمن مجموعة من النُجُوم تفرقت ببطء لاحقاً، فغدت الشَّمْس الآن نجماً مُنفرداً بذاته. وتتميز الشَّمْس كما نعلم، بين سائر النجوم بمنظومتها من الكواكب السيَّارة. والشَّمْس بالنسبة للأرض، أحد هذه الكواكب، ليست النجم المركزي القديم فقط بل مصدر الطاقة للحياة فيها أيضاً.

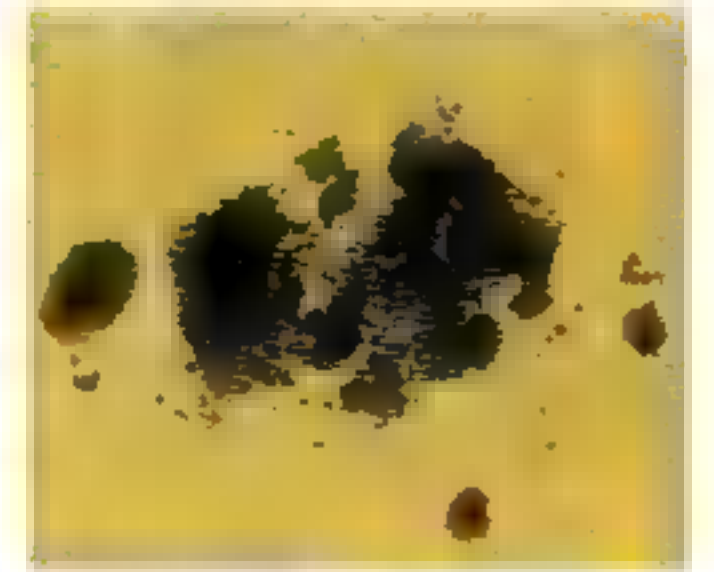
## طباقية الشَّمْس

تتألف الشَّمْس من طبقات غازية مختلفة. فسطح الشَّمْس التيَّير المرئي يدعى الفوتوسفير، ويبدو مُرقشاً بفقايع الغازات المُدوِّمة فيه. وتُحيط بالفوتوسفير طبقة لا تُرى من الغاز تدعى الغلاف اللوني (الكروموسفير)، وتُدعى الطبقة، فوق الغلاف اللوني، الإكليل؛ وتبدو كهالة مُتضائلة نحو الفضاء.

تدور الشَّمْس حول محورها من الشرق إلى الغرب؛ وبسبب طبيعتها الغازية تختلف فترة الدوران من ٢٥ يوماً في الوسط (عند خط استوائها) إلى ٣٠ يوماً في قطبيها (في أعلاها وأسفلها). وقد اكتشف ذلك برصد تحركات البقع الشمسية.

## البقع الشمسية

أحياناً تظهر الفوتوسفير، بالمُعانة الدقيقة، مُتخربة بقع مظلمة تُعرف بالكُلب الشمسي؛ وهي تبدو مظلمة لأنها أبعد مما حولها. إن حدوث هذه البقع عائد للمجالات المغناطيسية التي تُطغى سريان الحرارة إليها من مركز الشَّمْس. والبقع الشمسية ذات مركز مظلم يُسمى الظل يُحيط به حزام أفتح لوناً يُسمى شبه الظل. وهذه البقع تحدث عادة أزواجاً أو مجموعات.



مجموعة من البقع الشمسية



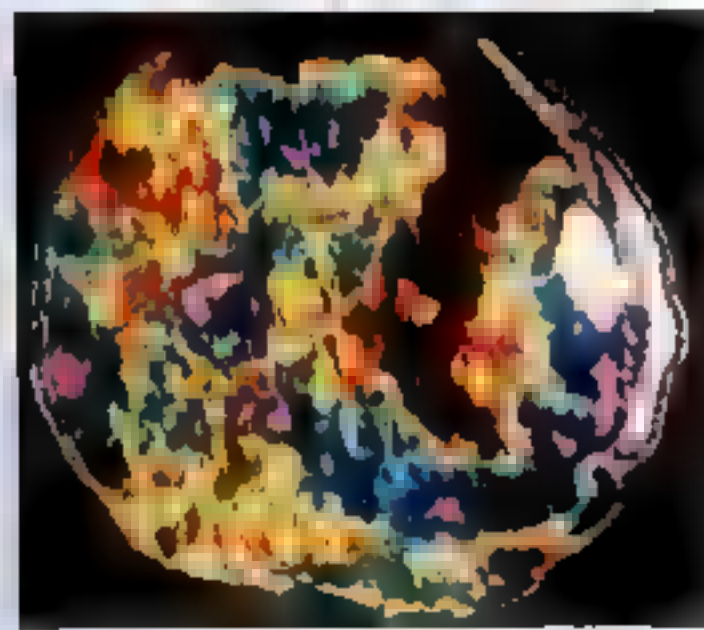
تستغرق نورة البقع الشمسية ١١ سنة. في بدايتها يكون سطح الشَّمْس خالياً من البقع؛ ثم يظهر بعضها في أعلى السطح وفي أسفل؛ ثم تختفي البقع وتتشكل بقع جديدة أقرب فأقرب من خط الاستواء (نحو وسط القوس).

تُشاهد الشُّوْط (ج. شواط) الشمسية فقط أثناء كسوف الشَّمْس الكلي أو باستخدام مُعدَّات خاصة.

## الشُّوْط الشمسية

تُفجَّر من سطح الشَّمْس التيَّير (الفوتوسفير) أحياناً سُحب ضخمة من الغاز اللاهب المتوهج تُعرف بالاندلاعات الشمسية. وهي تُرافق البقع الشمسية عادة. الاندلاعات الشمسية توهجها ساطعة فجيئة الاندفاع لا تدوم طويلاً - فيما قد يصل ارتفاع الشُّوْط الكبير إلى ١٠٠٠٠٠ كم، ويدوم عدة شهور.

هذه الصورة للشَّمْس، بالأشعة فوق البنفسجية، تُظهر ثقنا في الإكليل.



## شَّمْسُ الأشعة فوق البنفسجية

اليوم ما عادت الشَّمْس تُصوَّر فقط بالضوء المرئي، بل أصبحت صورها تُسجل أيضاً بمختلف الأشعة الأخرى التي تُبعثها. فلدى الفلكيين مُعدَّات خاصة تستطيع ألتقاط الصور بالأطوال الموجية الأخرى، كفوق البنفسجية وتحت الحمراء. تُبين تفاصيل مُهمّة لا تستطيع الصور العادية إظهارها.

إِنَّكَ التَّطَلُّع مُباشرة إلى الشَّمْس بِمِنْظَارٍ ثَنَانِي العينية أو بِمِقْرَاب (تلسكوب).

## مِقْرَاب (تلسكوب) شمسي

يُستخدَم الفلكيون مُعدَّات خاصة، مُركزة على الأرض أو محمولة في الفضاء، لدراسة الشَّمْس. فيُجمع ضوء الشَّمْس ثم يُفلَّو بواسطة المِطاف إلى طيف شمسي (يُبين الأطوال الموجية الضوئية المختلفة التي تبتعثها الشَّمْس). وجدَّير بالذكر أنَّ معظم معلومات الفلكيين عن الشَّمْس حصلوا عليها من دراسة أطيافها.



تُفكِّم أشعة الشَّمْس سفلًا إلى مِرَّة في نفق تحت الأرض، وتتكوَّن صورة الشَّمْس في عُرفة مُراقبة حيث يستطيع الفلكيون دراسة صورتها.

أحد التلسكوبات الشمسية في المرصد الوطني في كِت بِيك، بالولايات المتحدة.



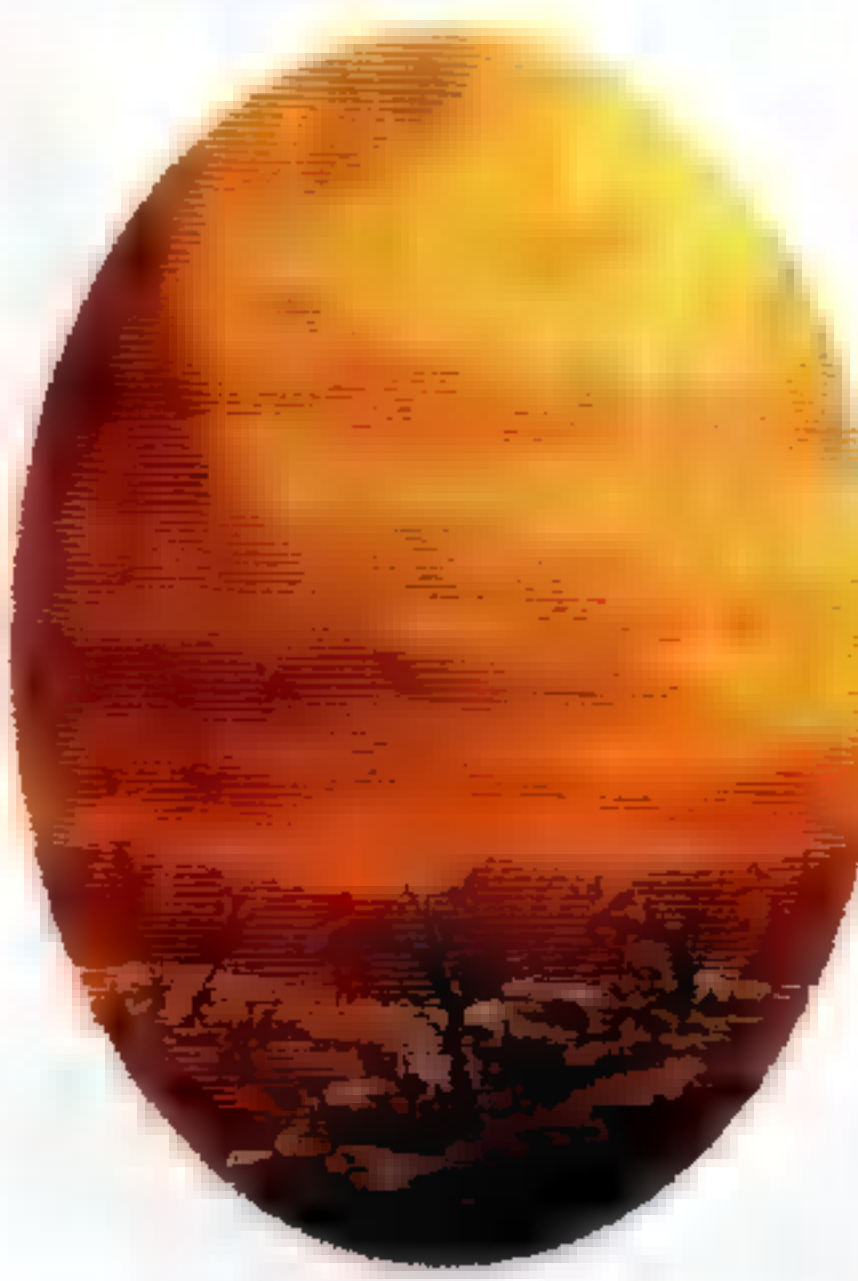
## آرثر إدينجتون



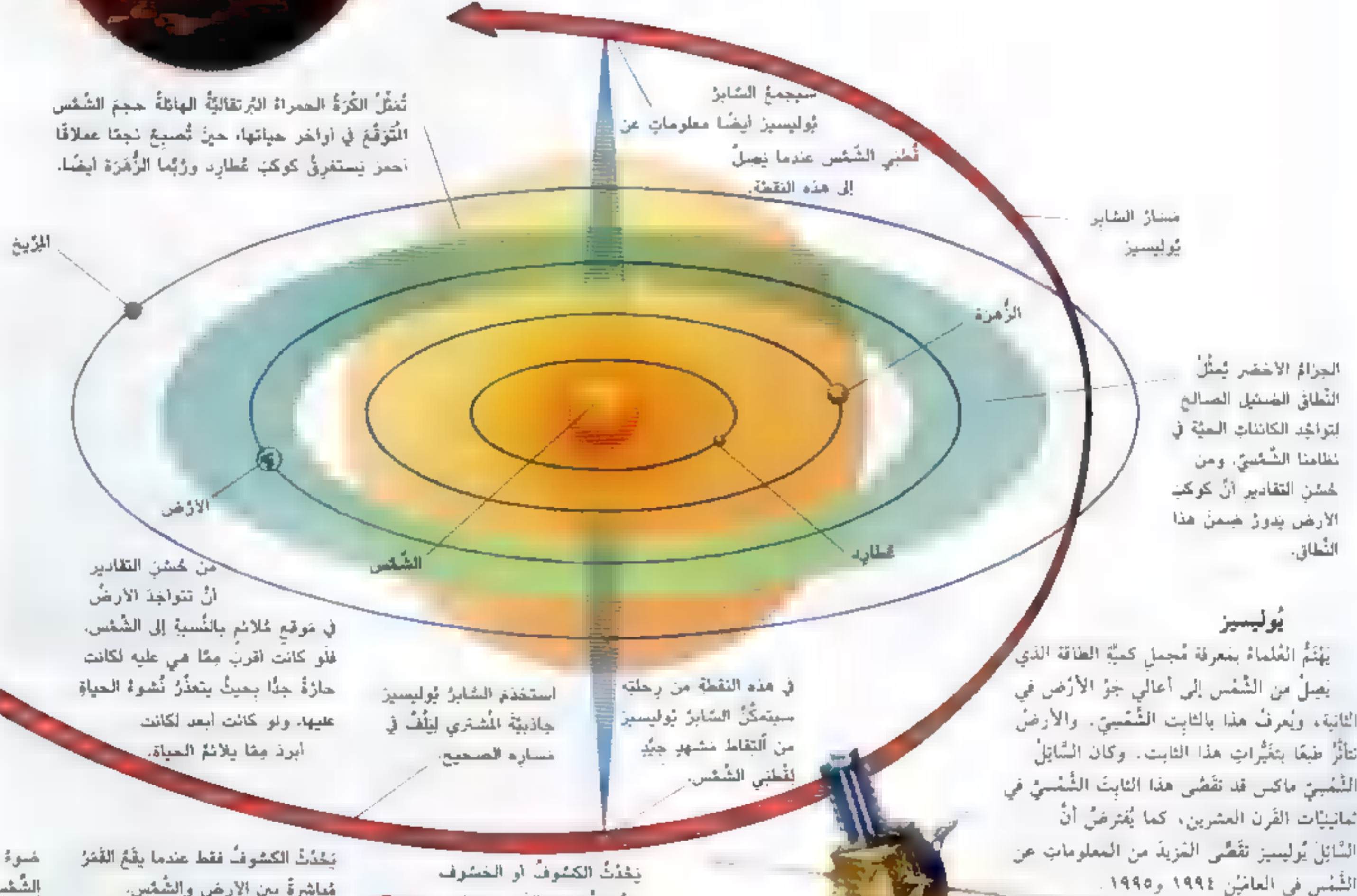
كان الفلكي الإنكليزي، السير آرثر إدينجتون (١٨٨٢-١٩٤٤) أول من أسهم في كشف خفايا التركيب الداخلي للنجوم. وقد اكتشف أن ضيائية النجم (كمية الضوء التي يبعثها) تعتمد على عظم كتلته. كذلك كان إدينجتون أول من وجد إثباتاً عملياً للنظرية النسبية لأينشتاين بتسجيله أنحناء أشعة الضوء من نجم بعيد جداً أثناء كسوف كوكب المشتري للشمس عام ١٩١٩.

## سيرة حياة الشمس

بالمُضطلحات النجمية، شمسنا الآن في منتصف عُمرها، وستختصر في يوم من الأيام. لكن لا يساورك القلق، فأمام الشمس ٥٠٠٠ مليون سنة أخرى، ستبقى تُشع فيها قبل أن تستنفد وقودها من الهيدروجين. ومن ثم ستبدأ باستهلاك محتواها من الهيليوم مُتحوّلة إلى نجم عملاق أحمر يُشع ١٠٠٠ مرة أنضع من إشعاعها، ويزداد حجمه ١٠٠ مرة أكثر من حجمها، الآن. ثم سيقطع هذا إلى نجم قزم أبيض بحجم الأرض. وبعد مضي آلاف ملايين السنين سيبرد هذا النجم وتنتهي حياته كجسم أسود بارد يدعى قزماً أسود.



تنتقل الكرة الحمراء البرتقالية الهائلة حجم الشمس المتوقع في أواخر حياتها، حين تُصبح نجماً عملاقاً أحمر يستغرق كوكب عطارد وجميع الكواكب الأخرى.



## يوليسيز

يهتم العلماء بمعرفة كمالي الطاقة الذي يصل من الشمس إلى أعالي جو الأرض في الثانية، ويُعرف هذا بالثابت الشمسي. والأرض تتأثر طبعاً بتغيرات هذا الثابت. وكان الساتل الشمسي ماكس قد تقصى هذا الثابت الشمسي في ثمانينيات القرن العشرين، كما يفترض أن الساتل يوليسيز تقصى المزيد من المعلومات عن الشمس في العامين ١٩٩٤ و١٩٩٥.

أطلق الساتل يوليسيز عام ١٩٩٠ لتقصى قطبي الشمس (وهما لا يُزيان من الأرض).

## لمزيد من المعلومات انظر

- الآلات البصرية ص ١٩٨
- الظلال ص ٢٠١
- النجوم ص ٢٧٨
- دورة حياة النجوم ص ٢٨٠
- النظام الشمسي ص ٢٨٣
- حقائق ومعلومات ص ٤١٨

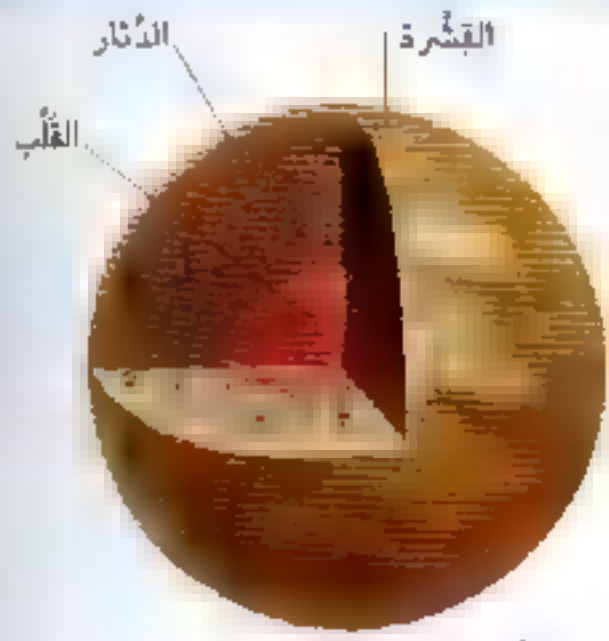
## الكسوف الشمسي



في أوقات مُحددة تتسامت الأرض والقمر والشمس بحيث يحجب القمر ضوء الشمس جزئياً أو كلياً عن الأرض؛ ويُعرف هذا بالكسوف. إن ظل القمر التام يغطي منطقة صغيرة فقط من سطح الأرض. فالتناس الموجودون في نطاق هذا الظل يشاهدون حجب كسوفاً كلياً للشمس بسبب حجب القمر لقرصها تماماً. ويحيط بالظل التام للقمر على الأرض منطقة من الظل الجزئي، تُسمى شبه الظل؛ والناس المتواجدون فيها يشاهدون كسوفاً جزئياً للشمس فقط.



# عُطَارِد والزُّهْرَة



**بنية الزُّهْرَة**  
مركز كوكب الزُّهْرَة، كالارض، في فترة انصهار غاصت خلالها المواد الكثيفة نحو مركزه تاركة قشرة أخف فوقها. يتألف مركز الزُّهْرَة من قلب منصهر من الحديد والنيكل يحيط به دثار صخري يدعم القشرة الصخرية.

**الزُّهْرَة**  
تلف الزُّهْرَة سحب كثيفة تخفي معالم سطحه. وتدور الطبقات العليا من هذه الغيوم حول الكوكب مرة كل أربعة أيام - وذلك أسرع بكثير من دورانه مرة حول محوره التي تستغرق ٢٤٣ يوماً. والذي نشاهده من هذا الكوكب ما هو إلا انعكاس نور الشمس على غيومه الكثيفة.

**صورة سطحية**  
اكتشف الزُّهْرَة أكثر من ٢٠ عربة فضائية، أظهرت أن سطح الكوكب صحراوي حار، به بقاع قليلة من الأراضي المنخفضة والمرتفعات.



صورة لسطح الزُّهْرَة التقطها الباص الفضائي ماجلان.

لزيد من المعلومات انظر
النظام الشمسي ص ٢٨٣
الشمس ص ٢٨٤
الأرض ص ٢٨٧
القمر ص ٢٨٨
السواير الفضائية ص ٣٠١
حقائق ومعلومات ص ٤١٨

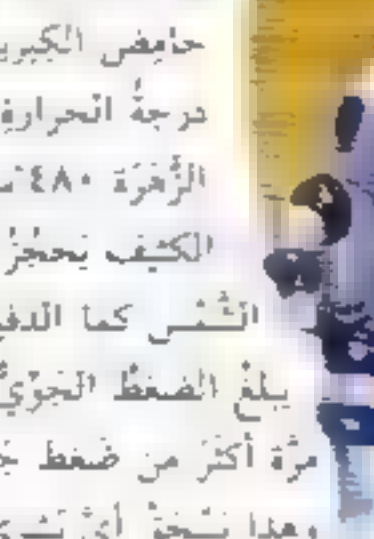
أقرب الكواكب إلى الشمس هما كوكبا عطارد والزُّهْرَة، وقد عُرفا ورُصدا منذ القدم. وعطارد هو الأعسر مشاهدة بين الكواكب لأن الناظر إليه يجهز عادة بوهج الشمس. بالمقارنة، فإن الزُّهْرَة تسهل رؤيته، إذ هو ألمع جرم في الفضاء بعد الشمس والقمر. وكوكب الزُّهْرَة، كالقمر، تتغير أوجهه دورياً - من هلال نحيل إلى قرص تام؛ وكان غاليليو غاليلي أول من لاحظ تلك الأوجه عام ١٦١٠. لكن معلوماتنا الحالية عن طبيعة عطارد القاحلة العديمة الحياة، وعن عالم الزُّهْرَة الموحش، خلف مظهره الراق، لم تتوضح للفلكيين إلا بعد تقصيهما حديثاً بالسواير الفضائية ومعداتها المتطورة.

## الزُّهْرَة



### منظر طبيعي للزُّهْرَة

من يُنظر بالهَيُوط على سطح الزُّهْرَة عليه أن يخترق جوها أولاً - وهذا الجو يتألف من غيوم كثيفة بيضاء مُضْفَرَة من غاز حامض الكبريتيك. وتبلغ درجة الحرارة على سطح الزُّهْرَة ٤٨٠°س لأن جوّه الكثيف يحجز حرارة الشمس كما الدفئ. كما يبلغ الضغط الجوي عليه ١٠٠ مرة أكثر من ضغط جو الأرض؛ وهذا ينحو أي بشري في توان.



**بنية عطارد**  
المجال المغنطيسي الضعيف لكوكب عطارد وكثافته العالية يُشيران إلى وجود قلب هائل من الحديد في مركزه. وفوق هذا القلب طبقة من الصخور المنصهرة المضغوطة، هي الدثار، تطفو فوقها قشرة صخرية جامدة.

## عطارد

معظم معلوماتنا عن سطح عطارد، جمعناها العربة الفضائية ماريير ١٠. لكن «ماريير ١٠» لم تصوّر إلا أجزاء من الكوكب فقط لأنها كانت تمر دائماً بالجانب نفسه من الكوكب. لهذا السبب، فلا يزال الكثير من هذا الكوكب بانتظار الاستكشاف.

## فوهات عطارد

كوكب عطارد صغير، كصغير، تُندب سطحه فوهات تكوّنت مباشرة بعد نشأة النظام الشمسي. وسطح عطارد مُحمّد بالجُرف (الصخور الشديدة الانحدار) الناجمة عن تقلص الكوكب الفتي أثناء فترة بروده، كما التفاحة الدّوية.

## تكوّن الفوهات

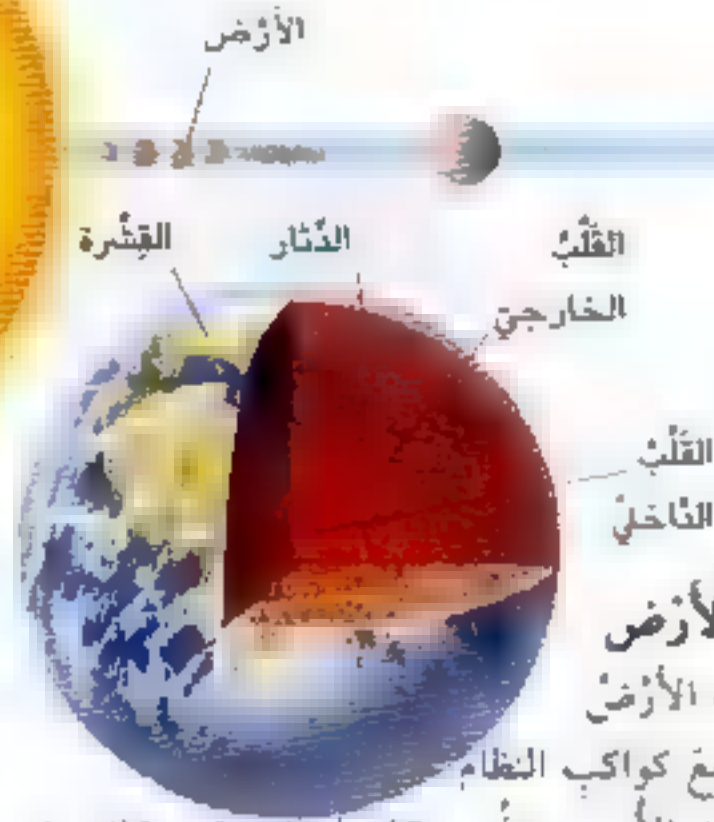
تكوّن الفوهات الكثيرة على سطح عطارد جراء نظم الصخور الساقطة نائراً خفارتها حول حفر وتجاويف ضحيّة الشكل.

## منظر طبيعي لمطارد

الحاذية السطحية في عطارد أقل من نصف جاذبية الأرض - ممّا أضعف إمكانية الكوكب على جذب غازات حوله - فجعله عادم الجو، تقريباً، يسوده السكون لأن الضوء لا يتخلل في الفراغ. ويُسجل عطارد أقصى قروقي في درجة الحرارة نهاراً وليلاً بين الكواكب نظراً لانعدام جو يحجب الحرارة عنه وأنه - إذ تبلغ درجة الحرارة نهاراً ٤٠٠°س وليلاً ٢٠٠°س -



# الأرض



**بنية الأرض**  
تكوّن الأرض  
الغنيّة مع كواكب النظام  
الشمسي الأخرى منذ ٤٦٠٠ مليون سنة. وكانت في  
البداية باردة؛ لكنّ الفاعلية الإشعاعية أحمّتها حتّى  
الانصهار. فغاص الحديد الثقيل نحو المركز، وظلّت  
الصخور الأخفّ فوقه. حالاً، يُحيط بقلب الأرض  
الحديديّ دثارٌ صخريّ مانع، تغطيه قشرة صخرية  
سطحية لا تتعدّى سماكتها بضعة كيلومترات.

من الطبيعيّ أن تكون الأرض هي الكوكب الذي استحوذَ على اهتمام العلماء وأستقصاءاتهم أكثر من سواه في النظام الشمسيّ، وأن يكون ما نعرفه عنه، بالتالي، أشمل وأدقّ. الأرض، كغيرها من الكواكب، فريدة ذات خصائص لا توجد في سواها - ليس أقلّها أنّها الكوكب الوحيد الصالح للحياة في المنظومة الشمسية؛ ويوازي ذلك أهمية تواجّد الماء. هذان العاملان حدّدا شكلاً ومسارَ تطوّر الأرض من كوكب ذي جوّ غنيّ بالهيدروجين إلى العالم في حاله الرّاهنة. فالحياة التي بدأت في بحار الأرض منذ ٣٠٠٠ مليون سنة، والكائنات الحيّة التي تطوّرت منها، أسهمت في تكوين جوّ التّروجين والأكسجين الذي وثّر بدوّه الظروف الملائمة لاستمرار الحياة. يدور حول الأرض سائِلٌ طبيعيّ هو القمر. وهي الكوكب الخامس من حيث الحجم، والثالث من حيث البعد عن الشّمس.

## الأرض جرم لا يهدأ

سطح الأرض دائم التغيّر؛ ففشرتها تتأثف من صفائح (أو ألواح) هائلة متحرّكة. وتحدث البراكين والزلازل الأرضية عندما تصادم هذه الصفائح أو ينحسّ بعضها ببعض أو ينزلق بعضها تحت بعض. ويرافق ذلك عادة انبعاث الضّخامة الصخرية نحو السطح، وهكذا تُخدّد قشرة الأرض نفسها باستمرار.

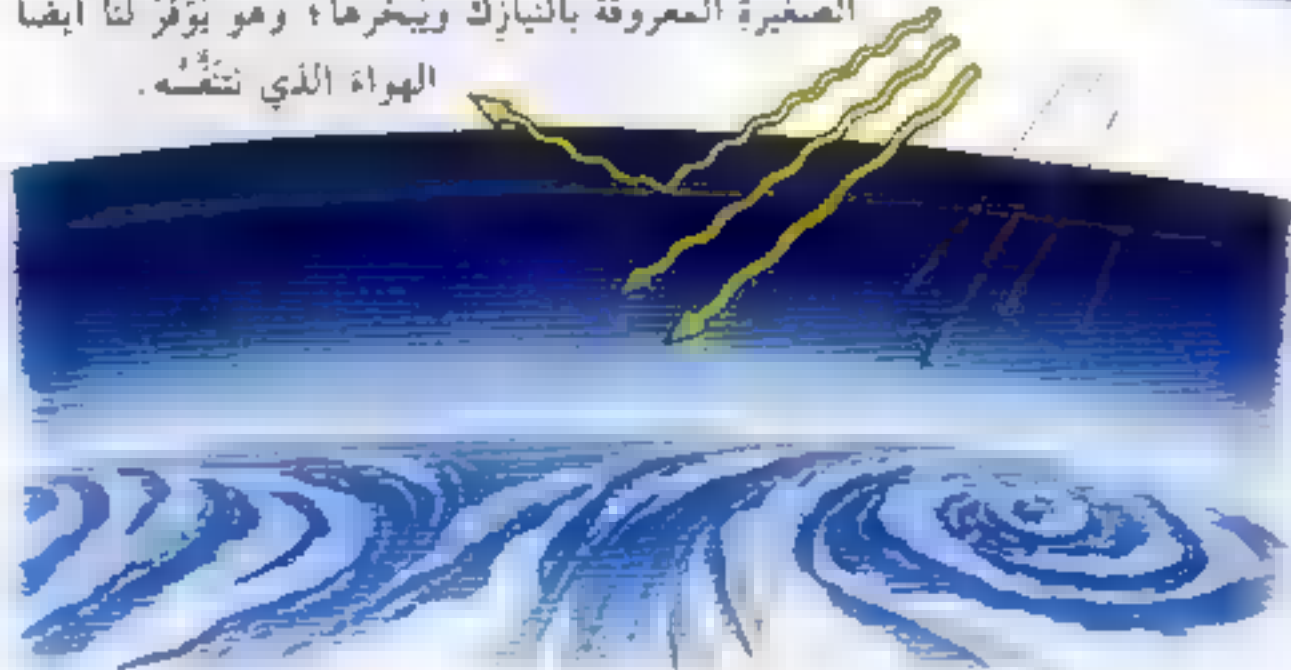
## كوكب الأرض

تأثّق الأرض ساطعة في الفضاء، إذ تعكس حوالي ثلث ضوء الشّمس الشاقط عليها؛ كما يشتطير الضوء في جوّها فيكسبها لوناً تغلب عليه الزرقة. وتبدو كُتَل اليابسة البنية بوضوح، وكذلك المحيطات التي تغطي قرابة ثلثي سطح الأرض - حيث يغطي المحيط الهادئ وحده نصف سطح الكرة الأرضية. كما يُمكن مشاهدة غيوم كثيرة في الجوّ.



## جوّ الأرض

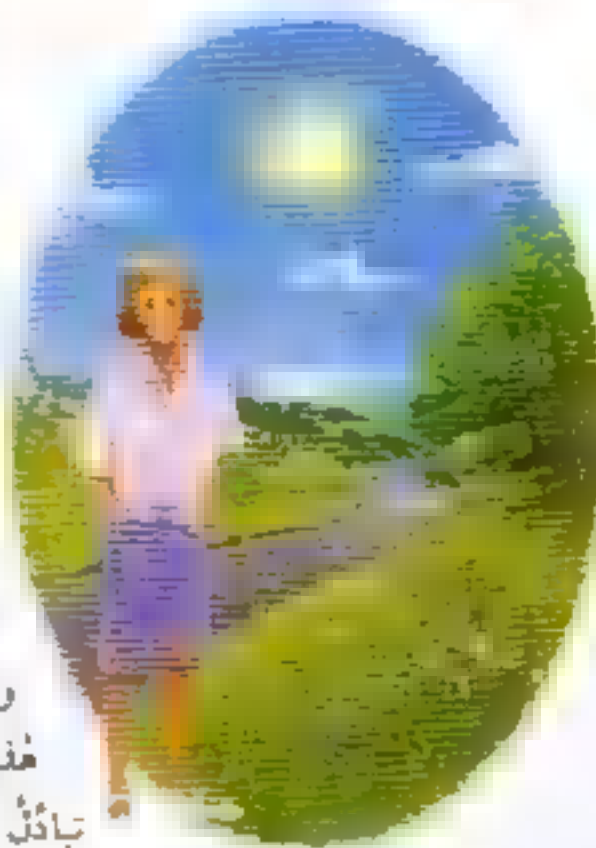
جوّ الأرض رقيق بالمقارنة مع جوّ جاريتها الزّهرّة - لكنّه مُفيد جدّاً. فهو رقيق بحيث يخترقه ضوء الشّمس، لكنّه سميك بما فيه الكفاية ليحبّب إشعاعات الشّمس الأخرى المؤذية؛ فتمتص الأشعّة فوق البنفسجية الخطرة على حياة البشر تُرشح غيره. كذلك يُبطّئ جوّ الأرض سرعة الرّجُم الفضائية الصخرية الصغيرة المعروفة بالنيازك ويُنحّرها؛ وهو يُوفّر لنا أيضاً الهواء الذي نتنّسه.



الظروف على الأرض ملائمة تماماً لأشكال الحياة المختلفة - بما فيها الإنسان!

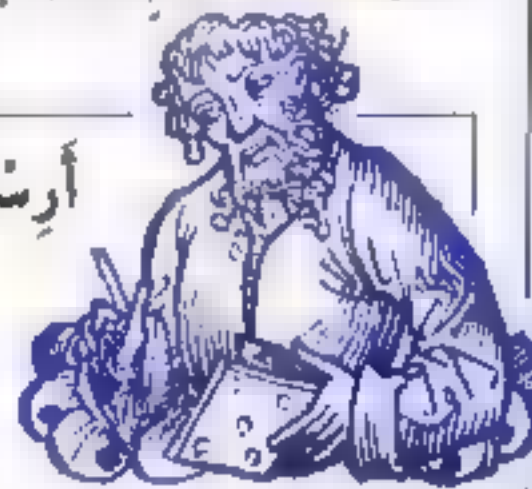
## منظر طبيعيّ أرضي

منذ ملايين السنين تكوّن حول الأرض جوّ من ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء والتّروجين. فتكوّن بخار الماء المطر، والمطر كوّن البحار والمحيطات؛ وكلّما هذين المكوّنات مهمّان جدّاً اليوم، حيث يتم تبادل الماء بين الجوّ والمحيطات - فيما يفعل الجوّ كطبقة مُدبّرة تُبقي درجة الحرارة مُنظمة تقريباً.



## أرسطارخوس

حقيقة أنّ الأرض تدور حول الشّمس حازت القبول منذ أقلّ من ٤٠٠ سنة. ويُعزى الفضل في ذلك إلى الفلكيّ البولوني، كوبرنيكس، (في القرن السادس عشر)، الذي دَخَض النظرية القائلة أنّ الأرض هي مركز الكون. لكنّ الفلكيّ اليونانيّ، أرسطارخوس (٣١٠-٢٣٠ ق.م.)، كان سبقه إلى الفكرة ذاتها قبل ذلك بقرون عديدة. فقد أحسب أرسطارخوس الحجم والمسافة الشّبيبين للشّمس والقمر مُستخدماً القواعد الهندسية، واستنتج وجوب أنّ تدور الأرض حول الشّمس لأنّ الشّمس هي الأكبر بكثير.



### لمزيد من المعلومات انظر

- تكوّن الأرض ص ٢١٠
- الأرض ص ٢١٢
- النظام الشمسيّ ص ٢٨٣
- حقائق ومعلومات ص ٤١٨



# القمر

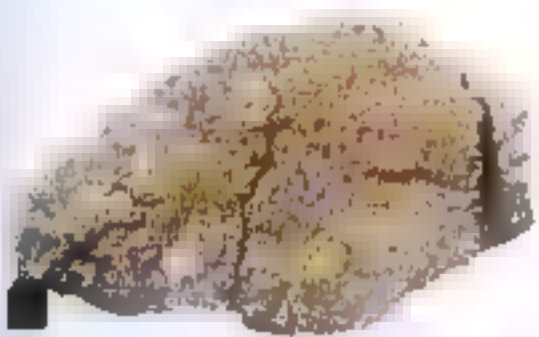


## الهبوط على القمر

لا تزال رحلات أبولو الشبح عشرة في الستينات والسبعينات من القرن العشرين تحتل الأوج بين محاولات استكشاف الفضاء. هذه الرحلات أثرت اثني عشر رائد فضاء على سطح القمر وأعادتهم سالمين إلى الأرض. وتستخدم نتائج الاختبارات السطحية على القمر والتحليل المداري حوله والعديد من الصور التي التقطت له في تكوين تصورنا الحالي لسطح القمر.

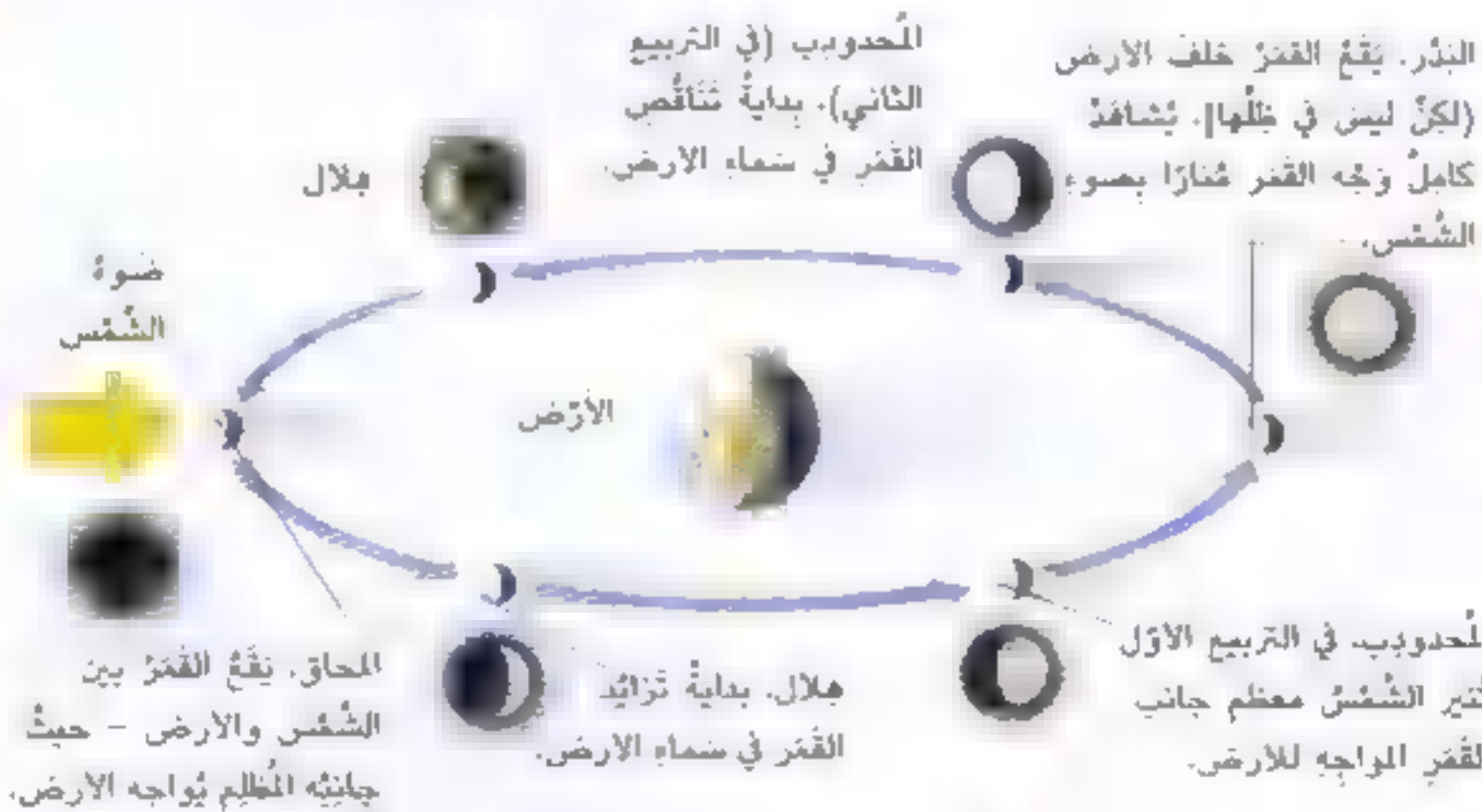
## رصد القمر

يشكل القمر جزءاً جيداً للفلكيين المبتدئين لأن فعالية السطحية يمكن تبينها بالعين المجردة. فالبلع المرئية القائمة هي سهول مسطحة تدعى «بحاراً»، أما المناطق الأفتح لوناً فهي الجبال. ويمكن حتى بالمنظار الثنائي الغيثة تبين بعض القوّهات البركانية التي تغطي مساحات شاسعة من سطح القمر.



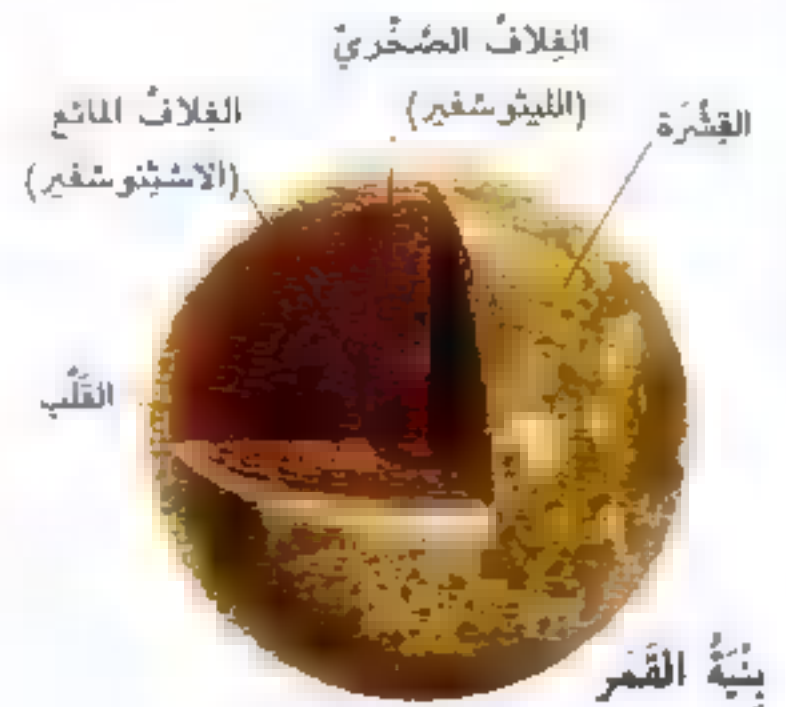
## الصخور القمرية

عاد وُاد القمر بحوالي ٢٠٠٠ عينة من الصخور القمرية بلغ وزنها ٤٠٠ كغ تقريباً. ومن دراسة هذه العينات تكون لدى العلماء تصوّر جديد عن تركيب القمر وتاريخه. فبعض الصخور مثلاً صهارية نشأت من لابة منصهرة.



## أوجه القمر

رغم أن القمر غير منير بذاته، فهو ألمع جرم في سماء الليل لأنه يعكس ضوء الشمس جيداً. وخلال دورانه حول الأرض نشاهد أجزاء متفاوتة القمر من وجهة المنار بالشمس تتراوح بين الهلال واليدّر. فعندما يكون القمر في المحاق لا يعكس جانبه المواجه للأرض نوراً من الشمس فلا نراه. ويقاس الشهر القمري بالفترة بين محاقين متتاليين وتبلغ عدّة أيامه ٢٩,٥ يوماً.



## بنية القمر

اكتشف العلماء أن القمر يحوي قلباً صغيراً من الحديد والكبريت تحيط به طبقة الغلاف المانع من الصخور المنصهرة جزئياً (الأسينوسفير). وفوق هذه طبقة الغلاف الصخري الجامد (الليثوسفير)، تغطيها قشرة من الصخور الغنية بالألومنيوم والكالسيوم.

## الترشاش العظيم

لا يعلم الفلكيون علم اليقين كيف تكون القمر. فقد يكون انفصل عن الأرض، أو أن الأرض قد أسرته، أو أنه تكون من مواد حول الأرض في هذه نشأتها. والافتراض الرابع، هو نظرية الترشاش العظيم، ومفادها أن جسماً بحجم المريخ ارتطم بالأرض الغيثة، فتكون القمر من انقاض ذلك النظام.

لم يتغير سطح القمر إلا قليلاً منذ ملايين السنين - فبإعدام الجو تنعدم عوامل التجوية.



لا أحد يستطيع سماع ضراخك على سطح القمر!

## منظر طبيعي للقمر

إذا قلّر لك أن تحط على سطح القمر، فسجد عالماً بسوّه السكون الثام لانعدام الجو فيه - فلا يتقلّ الصوت فيه (ولا يمكنك التنفس طبعاً دون برؤ قضاية!). تغطي سطح القمر قوّهات يبلغ اتساع بعضها مئات الكيلومترات، وكان أكثرها قد تكون منذ حوالي ٤٠٠٠ مليون سنة عندما ارتطمت بالقمر صخور من الجرام الكويكبي.

## المزيد من المعلومات

- الأمواج والمطر والرياحات ص ٢٣٥
- النظام الشمسي ص ٢٨٣
- الأرض ص ٢٨٧
- الإنسان في الفضاء ص ٣٠٢
- حقائق ومعلومات ص ٤١٨



# المريخ

رسم للمريخ من  
وضع بريسفال  
لويل.



رصد لويل المريخ وفشّر سمائه  
السطحية كإفنية لبحر المياه  
شاذتها حضارة مريخية متقدمة.

الجُرمُ الأحمرُ الساطِعُ في سماء الأرض هو في الواقع كوكبُ المريخ، ويعودُ لونه الأحمرُّ، وهو معلّمه المُميّزُ الأشهرُّ، إلى الصخورِ والغبارِ التي تُغطّي سطحه. في صيفِ العام ١٩٧٦ هبطت مركبتا فضاءٍ من طراز فايكنغ على سطح المريخ وقامتا بتحليل تربيته لِتَقْصِي أي أثرٍ للحياة فيه وكانت النتائجُ سلبيةً؛ لكن التحاليل أظهرت أن الكوكبَ غنيّ بالحديد - وهذا يُعلّلُ شكله الصّديّ. مظهرُ المريخ يوحي بتوفرِ مُقومات الحياة فيه، لكنّه في واقع الحالِ عالمٌ باردٌ لا حياة فيه. لقد زودتنا المركباتُ الفضائيةُ بمشاهدٍ للمريخ، عن قُرب، يظهرُ فيها ثلاثة براكين ضخمة ومجموعةٌ من الخوايق (الأخاديد الوديانية) تُؤلّفُ ما يُسمّى الأودية البحرية - وهي أطولُ من الخائق العظيم (الغراند كانيون) في الولايات المتحدة عشرَ مراتٍ، وأربعَ مراتٍ أعمقُ منه.



## بنية المريخ

مرّ المريخُ الفتي بفترة قصيرة فقط من الانصهار الكامل؛ لذا لم يتسكّن لبعض المواد الأثقل الغوص إلى مركزه - ممّا جعل قلبه أصغر من قلوب الكواكب الصخرية الأخرى.

## كوكبٌ وغر

تُغطّي سطح المريخ معالمٌ شيرة كالصحاري والجبال العالية والفوهات البركانية العميقة والبراكين الضخمة. وللمريخ فلتونان قطبيتان جليديتان تتغيّران بتغيّر فصوله - فيذوب ثاني أكسيد الكربون الجليديّ عنهما صيفًا، كاشفًا سطحًا من الصخور الطباشيرية، ويتكوّن ثانية في الشتاء.

اللون الأحمر الغامق  
للكوكب كان الداعي  
لتسميته بأسمائه  
الخراب  
الأسطوري  
مارس  
(المريخ).



## منظر طبيعي من المريخ

لو قدّر لك الانتقال إلى المريخ، فسجدّه مكانًا باردًا جدًا وموجشًا للغاية. جاذبيّة المريخ هي حوالي نصف جاذبيّة الأرض لذا لم يستطع الكوكب شدّ أكثر من جو رقيق إليه. ورغم ذلك فإنّ سرعات الرياح فيه أحيانًا تتجاوز ١٠٠ كم/س، ناشرة عواصف من الغبار قد تستغرق عدّة أشهرٍ لِتستقر.

## سطح مريخيّ وغر

سطح المريخ جافٌ وصحريّ، تغطّيه طبقة من الغبار المُخمّر تتألّف كيميائيًا من أكسيد الحديد المُميّا - وهي المادة نفسها التي تُكسب صحاري الأرض لونها المُشرب بالحُمرة. حتى سماء المريخ تبدو حمراء وزهيدة بتأثير دقائق الغبار المُعلّقة والطافية في جوّه.

## بريسفال لويل

بريسفال لويل (١٨٥٥-١٩١٦)، فلكيّ هاوي

ثريّ، شغف بالمريخ. وقد

ترأى له خلال

رصديه المريخ من

مريضه في أريزونا،

بالولايات المتحدة،

أنّ الكوكب مأهول وأنّ

أخايدّه هي أبنية لبحر المياه،

من القلائس القطبية، إلى الأراضي

الزراعية الجافة. وقد تبيّن لاحقًا أنّ ما

ترأى له كان مُجرّد خداع بصريّ.

## فوبوس

يدور حول المريخ قمران صغيران

هما ديْمُوس وفُوبُوس.

ويدوران من الأرض،

حتى بأقوى ما نذينا من

تلسكوبات، كُفَعَتَيْن

ضوئيتين صغيرتين. وقد أظهرت

الشغل الفضائية أنّهما جزمان قاتمان، غريباً الشكل.

ويحوي كلاهما فوهات بركانية، لكنّ فُوبُوس

مُغطى بالأخاديد أيضًا. وهذان القمران أشبه

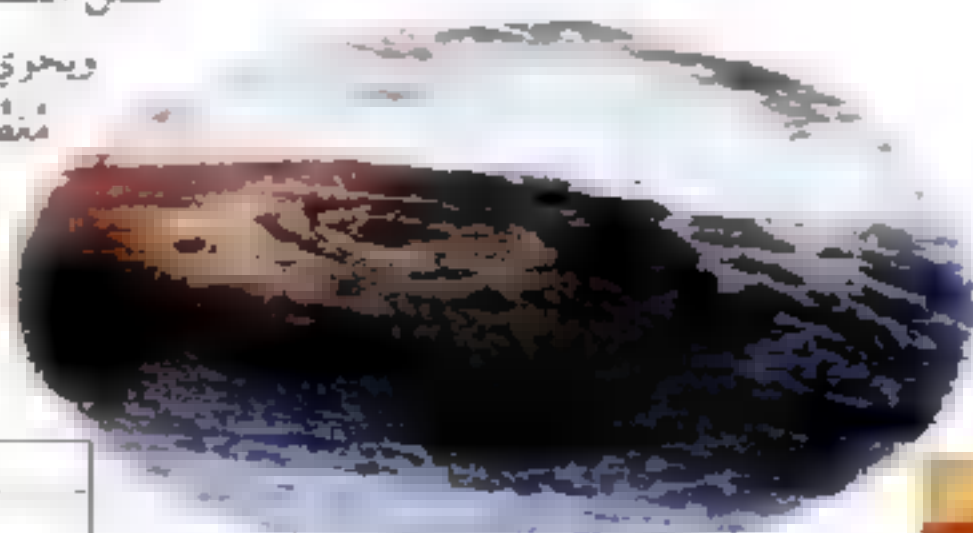
بالكويكبات من عدّة وجوه - ويعتقد

بعض العلماء أنّهما كانا من زمرة الجزام

الكويكبي قبل أن يأسرهما المريخ.



فُوبُوس، الاسم  
الأسطوري  
لخاوم الإله  
مارس (المريخ).



## جبل أوليمبس

جبل أوليمبس البركاني العملاق، ليس أكبر جبل على المريخ فقط، بل هو أضخم الجبال في النظام الشمسي كلّ - إذ يبلغ قطره قاعدته ٢٧٠٠ كم، وارتفاعه ٢٧ كم، أي قرابة ثلاثة أضعاف علو جبل إفرست على الأرض.



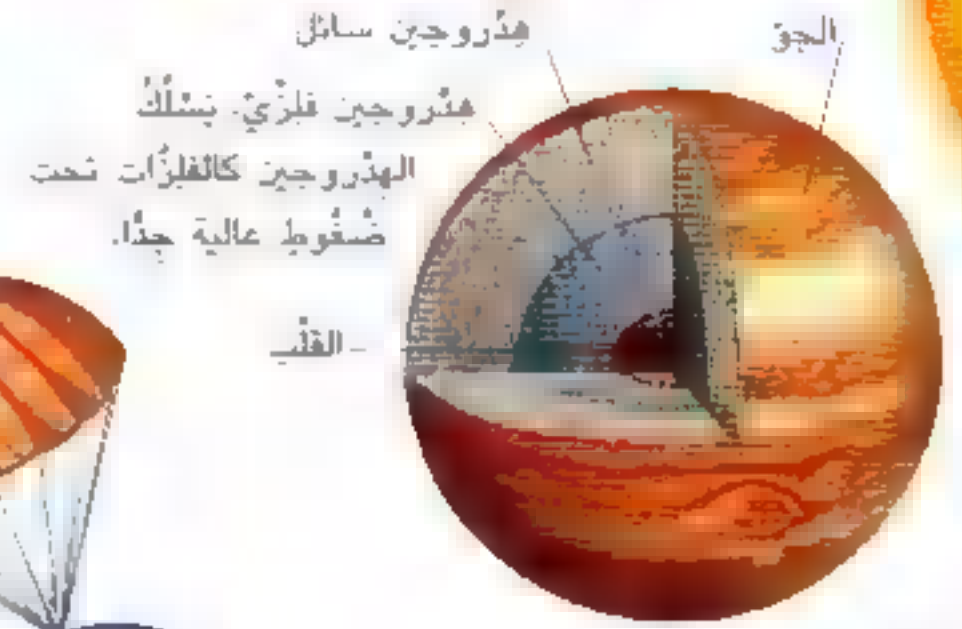
## لمزيد من المعلومات انظر

- الرؤىوطات ص ١٧٦
- البراكين ص ٢١٦
- النظام الشمسي ص ٢٨٣
- الأرض ص ٢٨٧
- القمر ص ٢٨٨
- الكويكبات ص ٢٩٤
- حقائق ومعلومات ص ٤١٨



# المُشْتَرِي

المُشْتَرِي



## بنية المُشْتَرِي

يحيط بقلب المُشْتَرِي الصخري الصغير جُسمٌ من الهيدروجين سائلاً وفلزيّاً. ويُلَفُّ هذا كُلهُ جُزءٌ هائل الحجم من الهيدروجين والهيليوم ثنائي مُزائج كثيف من جُزء الأرض. وتهبُّ درجة الحرارة نحو طبقات الغيوم العليا إلى ١٤٠°س، بينما تبلغ في القلب ٣٥٠٠٠°س.

## جُزء المُشْتَرِي

لو قُدِّرَ لِراند فضاء أن يهبط على المُشْتَرِي، سيكون ذلك في الواقع "غوصاً" في جُزء كثيف، عمقه ١٢٨٠ كم، مؤلف من الميثان والأمونيا إضافة إلى الهيدروجين والهيليوم. وسيرودنا السحبُ الجوّي غاليليو، بأول بيتاب مباشرة عن خصائص هذا الجوّ.

## غاليليو غاليلي

الفلكي والفيزيائي الإيطالي، غاليليو (١٥٦٤-١٦٤٢).

اكتشف أربعة من أقمار المُشْتَرِي عام ١٦١٠ هي: أيو، أوروبا، جانيميد وكاليستو.

تُعرفُ بالأقمار الغاليلية. وقد سخر غاليليو اكتشافه لإقناع الناس بأن الأرض ليست مركز الكون، وأنها والكواكب الأخرى تدور حول الشمس.



## السّابِرُ غاليليو

من المُفَرِّد أن يكون السّابِرُ الفضائي غاليليو قد بدأ دراسة تفصيلية للمُشْتَرِي وأقماره، في كانون الأول (ديسمبر) عام ١٩٩٥، تستغرق ٢٢ شهراً، وستدور السفينة الفضائية الرئيسية حول المُشْتَرِي عشر مُرات، فيما يقوم سابر أصغر بفحص جُوه.

تتألف الطبقات العليا لجُزء المُشْتَرِي من سحب الهيدروجين والهيليوم وبُلولاء الأمونيا المتجمدة.

## أقمار المُشْتَرِي

تدور حول المُشْتَرِي مجموعة أقمار يُعرف منها حالياً ستة عشر وقد يُكتشف المزيد منها لاحقاً - ومعظمها أجرام صغيرة متجمدة لا يزيد قطرها الواحد منها على ١٠٠ كم. وقد جرث دراسة الأقمار الغاليلية الأربعة، التي هي الأكبر بكثير بين أقمار المُشْتَرِي، عن قُرب بواسطة السّابِرَين الفضائيتين فوياجير ١١ وفوياجير ٢٢.

## أيو

القمرُ أيو أكبر من قمرنا بقليل؛ وهو أحد

أشدّ الأحرام التي تولّد المنظومة الشمسية

استدعاء للاهتمام. فهو، بتأثير قوّة

المُشْتَرِي المدرية (المدية الجزرية) التي

تعمل على إحماء قلبه، ذو نشاط

بُركاني، وهو أحد جرمين فقط، إلى

جانب الأرض، فمروحين بتواجد

براكين ناشطة فيهما.



عملاق الكواكب في النظام الشمسي هو المُشْتَرِي - إذ تزيد كتلته على ثلاثة أضعاف كتل الكواكب الثمانية الأخرى مُجمعة. ويتألف في مُعظمه من غازات وسوائل، أمّا القلبُ فصخريّ وصغيرٌ نوعاً. وحيث إن الغيوم الكثيفة في أعالي جُزء المُشْتَرِي تعكس ضوء الشمس جيّداً فهو يُرى ناصع الشّطوع في سماء الأرض ليلاً. إن الكثير من معرفتنا حالياً عن المُشْتَرِي تمّ بواسطة بعثات السّوابِر الفضائية، التي عبر أربعة منها على مقربة منه في سبعينيات القرن العشرين؛ كما يدور حوله منذ أواسط العام ١٩٩٧ السّابرُ الفضائيّ

غاليليو. وسيحقّق غاليليو رصدًا طويل الأمد

للكوكب، وأقماره، ومجاله المغنطيسي القوي

الذي تفوق شدّته شدّة المجال الأرضي ٤٠٠٠ مرّة.



## العواصف

يستغرق المُشْتَرِي

أقل من عشر ساعات ليتم دورة كاملة

حول محوره، مُشيراً بتدويره السريع هذا رياحاً

عانية. وخلال دوران غازات الجوّ حول الكوكب

تحدث أحزمة ونُظُفٌ مُلوّنة في أعالي الغيوم، وتتولّد

عواصف هائلة. ونذكر أن البقعة الضخمة الحمراء،

التي يفوق حجمها ضِعْفُ حجم الأرض، هي

الإعصار الأعظم في النظام الشمسي.

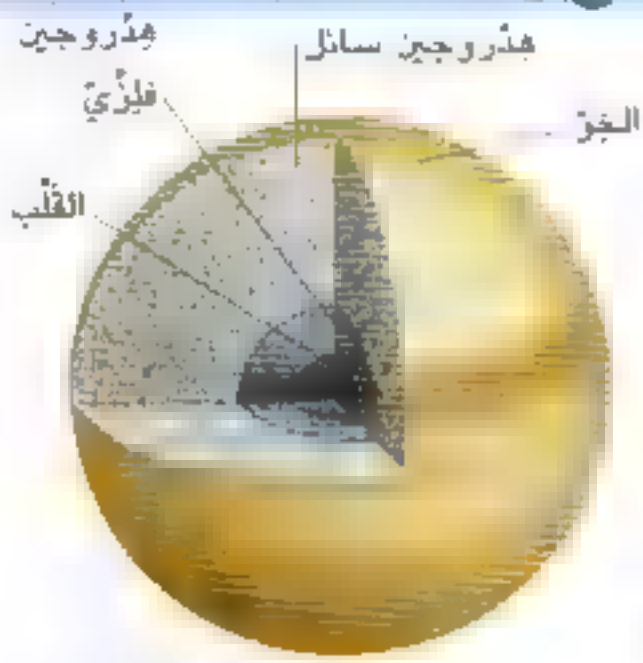
## المزيد من المعلومات انظر

- الجوّ ص ٢٤٨
- النظام الشمسي ص ٢٨٣
- القمر ص ٢٨٨
- السّوابِر الفضائية ص ٣٠١
- حقائق ومعلومات ص ٤١٨



## زُحَل

زُحَل



## بنية زُحَل

يتألف زُحَل من ثلاث طبقات متميزة - بدءاً من قلب مركزي جليدي صخري تحيط به طبقة من الهيدروجين الفلزي، أما الطبقة الخارجية فتتألف من الهيدروجين والهيليوم - سائلين نحو المركز وغازيين بعيداً عنه.

كوكب زُحَل الذي يبدو، من الأرض، مُجرّد جُرم لامع تبيّن أخيراً أنّه جوهرة النظام الشمسي. فزُحَل عملاق غازي يشتهر بمنظومته المدهشة من الحلقات الملونة، وهو الكوكب السادس من حيث البعد عن الشمس - إذ يبلغ بعده ضعفي بُعد جاره المُشتري تقريباً. منذ العام ١٦١٠، أخذ الفلكيون يرصدون زُحَل بتلسكوباتهم، لكنهم لم يجمعوا على تفسير شافٍ لما كانوا يشاهدون. ولم يُكتشف مدى وتعقيد المنظومة الرّحليّة إلا بواسطة السّابريين الفضائيين فوياجير أوائل الثمانينيات من القرن العشرين.



## أرضاً أوليّة

حين رصد غاليليو زُحَل عام ١٦١٠ شاهد ثلاثة أجرام. فهل حقاً كان زُحَل كوكباً ثلاثياً؟ بعد بضع سنوات دجّش الفلكيون لارتحال الجرمين الكرويين الضعيفين وتغيّر شكلهما. وفي العام ١٦٥٩، بين كريستيان هيجنز، الفلكي الدانمركي، مُحقّقاً، أنّ ما كان يشاهده أسلافه هو حلقات زُحَل التي يتغيّر مظهرها خلال دوران الكوكب حول الشمس.

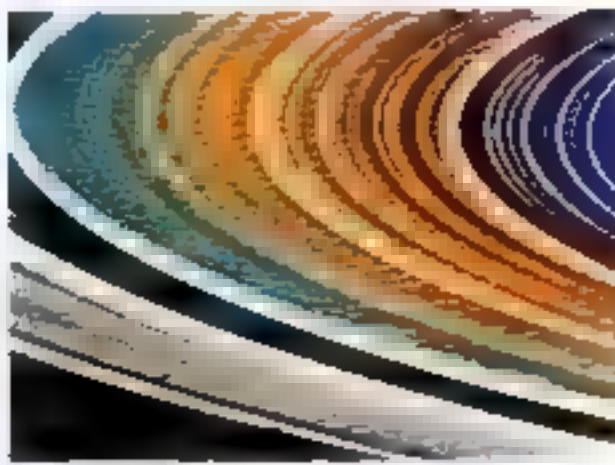


## الحلقات

كواكب المُشتري وزُحَل وأورانوس ونبتون ذات حلقات، لكن حلقات زُحَل هي الأنهى روعة بكثير. لقد استتج الفلكيون، من الأرض، أنّ تلك الحلقات غير جامدة لأنّه

يمكنهم مشاهدة النجوم غيرها. أما السّفر الفضائي فكتشف أنّ حلقات زُحَل تتألف من قطع صخرية جليدية لا تُحصى - بعضها صغير كالغبار، وبعضها الآخر كبير كالجماليد الضخمة.

ويرى الفلكيون أنّ حلقات زُحَل طارئة عليه لا أصيلة فيه، وأنها تكوّنت بارتطام أقمار في مداراتها حوله.



## النطق الغيبيّة

الغيوم الملونة، على سطح جو زُحَل، المؤلفة من الأمونيا وكميات أخرى تُكوّن نطقاً جزامية حول الكوكب. أحياناً يُمكن مشاهدة بقع إهليلجية في هذه النطق - هي بالفعّل عواصف هوجاء. ففي يوم عاصف في زُحَل قد تبلغ سرعة الرياح ١٨٠٠ كم/سا في أجواءه العليا.



## خط استواء منبج

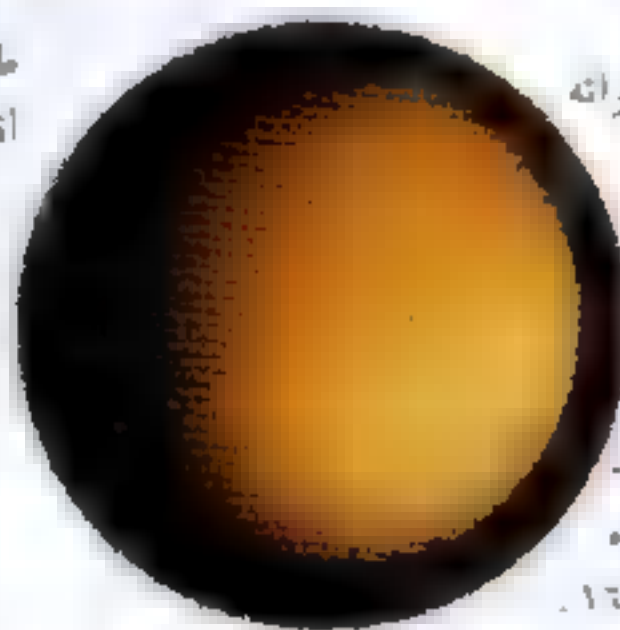
يدورم زُحَل بسرعة فائقة حول محوره فيبلغ يومه ١٠ ساعات و ٣٠ دقيقة فقط. وهذا بالإضافة إلى كثافة الكوكب الخفيفة، بسبب انبعاث خط استواء زُحَل والواقع، أنّ هذا الانتفاخ هو الأبرز في النظام الشمسي.



قد يطفو زُحَل  
فغلاً كجبل  
الجليد -  
فيقوم من  
في الماء.

## أقمار زُحَل

زُحَل هو صاحب أكبر عدد من الأقمار. فقد اكتشف له، من الأرض، أحد عشر قمراً، وسبعة أقمار أخرى من سفن الفضاء. - وربما كان هناك المزيد. وكان أول هذه الأقمار وأكبرها تيتان، المكتشف عام ١٦٥٥. وهو قريب بين الأقمار بجوئه الكثيف الذي يغطي سطحه. ويلاحظ أنّ عشرة من أقمار زُحَل الصغيرة هي أجرام بظايف الشكل غير منظم.



تيتان

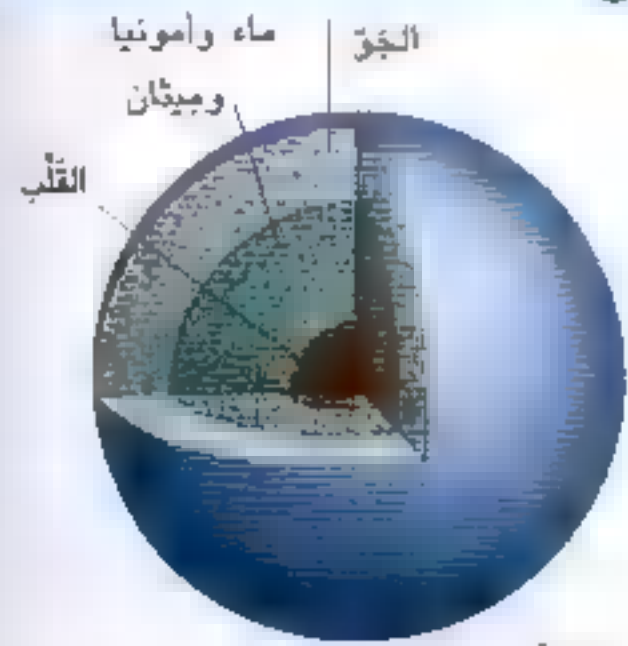
## لمزيد من المعلومات انظر

- الطقس والفوضى ص ١٢٩
- النظام الشمسي ص ٢٨٣
- القمر ص ٢٨٨
- المسافر الفضائي ص ٣٠١
- حقائق ومعلومات ص ٤١٨



# أورانوس

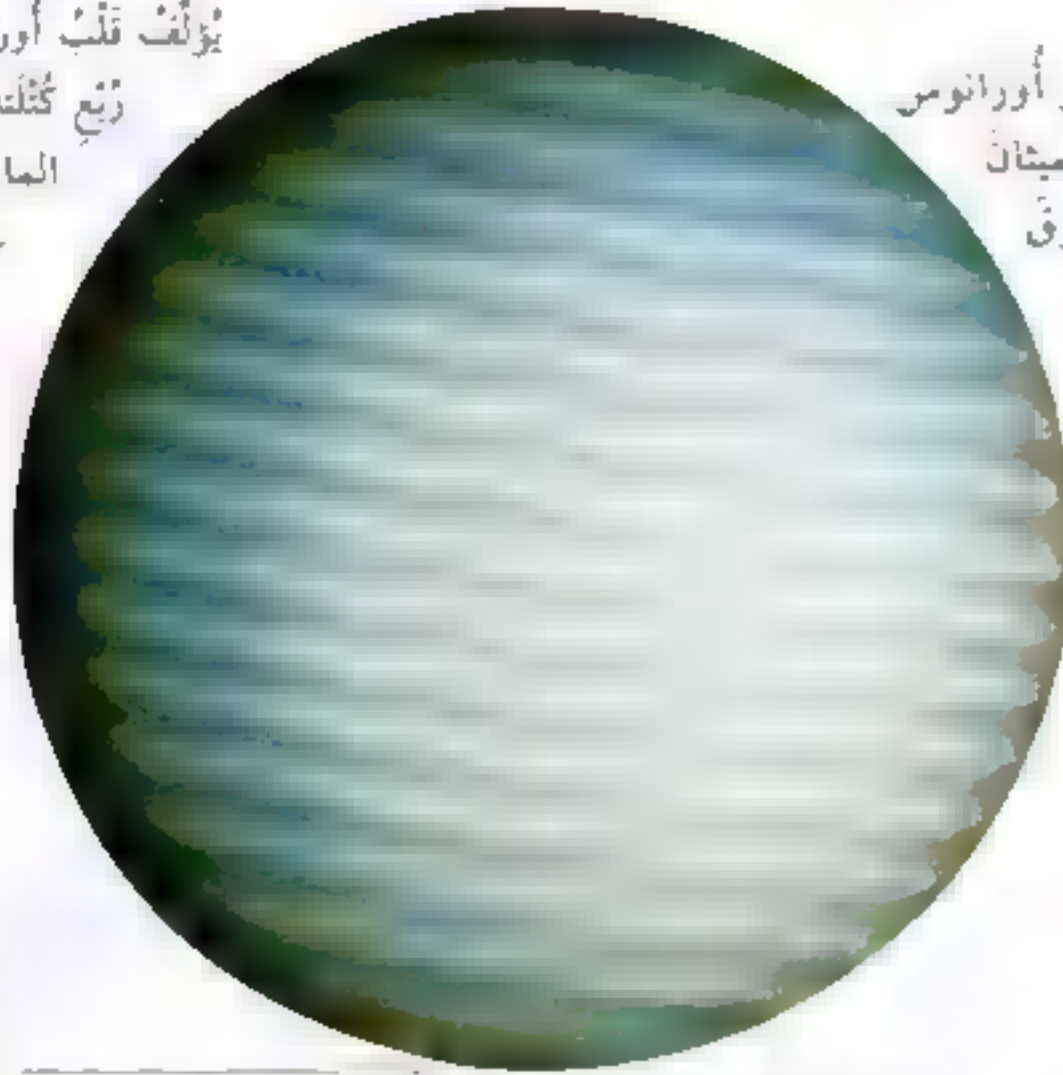
أورانوس



شده الفلكيون عند اكتشاف أورانوس عام ١٧٨١ - أول كوكب يُكتشف في العصر الحديث. فقد كانوا يعتقدون أن زحل هو نهاية النظام الشمسي؛ فجاء اكتشاف أورانوس يُصاعف حجم هذا النظام دفعة واحدة - إذ إن بُعد أورانوس عن الشمس ضعفاً بُعد زحل عنها. وظلّت معلوماتنا شحيحة عن أورانوس بسبب بُعده، حتى عبّر على مقربة منه السابر الفضائي فوياجير ٢، فوجده عملاقاً غازياً بارداً ذا منظومة قمرية تضم ١٥ قمراً ويلفّه ما لا يقل عن ١١ حلقة سوداء رقيقة القوام.

## بنية أورانوس

يُؤلف قلب أورانوس الصخري حوالى ربع كتلته وتُلف القلب طبقة من الماء والأمونيا والميثان في حالتها المتجمدة والسائلة. أما الطبقة الخارجية فتتألف من غازي الهيدروجين والهيليوم.



## الكوكب الأزرق

حتى بأفضل التلسكوبات الأرضية، لا يبدو أورانوس أكثر من كرة غازية ضبابية زرقاء، لأن الميثان في جوّه يعكس لوني ضوء الشمس الأزرق والأخضر. وقد بدأ الكوكب عبّر كاميرات فوياجير ٢٠ أيضاً كرة عديمة المعالم. لكن المعالجة الحاسوبية للصور أظهرت أحياناً سحباً بيضاء من بلورات الميثان المتجمدة تحملها الرياح حول الكوكب.



## سطح أورانوس

لا ترتفع درجة الحرارة على سطح أورانوس فوق -٢٠٩°س؛ مع أن جوّه ينفّس ما يتوقّف من الحرارة حواله، لأن ما يستقبله الكوكب من ضوء الشمس أقلّ بحوالى ٣٧٠ مرة مما تستقبله الأرض. وإذا قدّر لورانوس أن يزور أورانوس، فسيجده بارداً جداً، وهو قد يفوس في جو الكوكب الحاقق المؤلف من الهيدروجين والهيليوم والميثان.

## تيتانيا

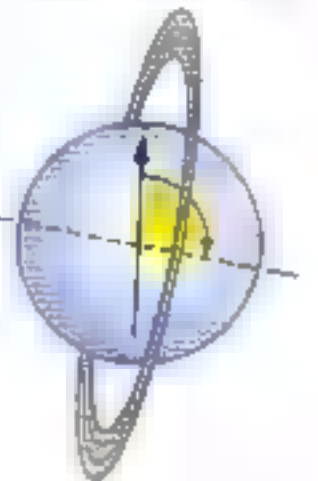
أقمار أورانوس أجرام قائمة من الصخور والجليد. وتيتانيا، الذي تغطي سطحه أودية عميقة وفوهات بركانية، هو أكبرها.



## أقمار أورانوس

خمس من أقمار أورانوس الخمسة عشر اكتشفت من الأرض. أما العشرة الأصغر، فقد كشفتها كاميرات فوياجير ٢٠ عام ١٩٨٦. أبعد أقمار أورانوس يدعى أوبرون - وهو يدور على بُعد ٥٨٢٦٠٠ كم من الكوكب.

أقمار أورانوس وخلفائه تدور حول وسط الكوكب.



## كوكب مجنّب

يبدو أورانوس قائماً على جانبه. ويُعتقد أن ميله هذا حدث خلال تجمع بضع المقطع الضخمة التي كوّنته.

## صفحة من مفكرة هرشل

### اكتشافات علمية

#### ١٧٨١ اكتشاف أورانوس

لم يكن الفلكي الألماني، وليام هرشل، يبحث عن كواكب؛ لكن أثناء مراقبة روتينية في ١٣ آذار (مارس) عام ١٧٨١ اكتشف أورانوس. هذا الاكتشاف جعل الفلكيين يعتقدون بوجود كواكب أخرى غير مكتشفة.

#### ١٨٤٦ اكتشاف نبتون

احتسب موقع نبتون لعدم انتظام في حركة أورانوس فجرى البحث عنه حيث توقّع وجوده. وقد نجح بتحقيق ذلك جوهان جالي من ألمانيا في ٢٣ أيلول (سبتمبر) عام ١٨٤٦.

#### ١٩٣٠ اكتشاف بلوتو

الأمريكي كلايد تومبوغ اكتشف بلوتو عندما كان يُقارن صفاً فوتوغرافية في كانون الثاني (يناير) عام ١٩٣٠.

## لزيد من المعلومات انظر

النظام الشمسي ص ٢٨٣  
زحل ص ٢٩١  
نبتون وبلوتو ص ٢٩٣  
السواير الفضائية ص ٣٠١  
حقائق ومعلومات ص ٤١٨

يبدو ميرندا، أحد أقمار أورانوس، كمزيج غشوائي من القوّهات العميقة والجوّف للشاهقة والسهول المنبسطة. وهي في معظمها بنى قديمة؛ لكن، من المدهش أن بعضها أخذت عهداً بكتير.





# نِيتُون وِپْلُوتو

پْلُوتو

نِيتُون



بنية پْلُوتو

يختلف تركيب پْلُوتو اختلافاً كبيراً عن تركيب الكواكب الخارجية الأخرى. فكشافته تُوحى بأن له قلباً صخرياً. وسطح الكوكب طبقة من صقيع الميثان قد تكون غطاءً لطبقة مائية جليدية دونها.

پْلُوتو

پْلُوتو، أصغر كواكب النظام الشمسي، لم تبلغه سواير الاستكشاف بعد. والمعروف أن له قمراً وحيداً يسمى شارون يبلغ حجمه حوالي نصف حجم الكوكب. وهو قريب منه نوعاً. وهذا يجعل من العسير فصل الجرمين بعضهما عن بعض عندما يُرصدان من الأرض.

سطح پْلُوتو

إذا قلنا لرائد سبي الخط المهبوط على پْلُوتو، فسبحده عالماً متجمداً موحشاً حالك الظلمة. يبعد پْلُوتو عن الشمس قرابة أربعين مرة ضعف بُعد الأرض عنها، لذا قد تبدو الشمس منه مجرد نجم شديد الشطوع فقط.



بنية نِيتُون

نِيتُون ذو قلب صخري صغير يحيط به جُضمٌ من الماء والأمونيا والميثان. ويتألف جوّه من الهيدروجين والهيليوم والميثان. والميثان يكتسب الكوكب لونه الشديد الزرقة.

نِيتُون

تُبين صور فوياجير أن نِيتُون كوكب أزرق بُرّقه سُحبٌ بيضاء من پْلُورات الميثان الجليدي. أما البقعة السوداء العظيمة في نصف الكرة الجنوبي من الكوكب فهي في الواقع عاصفة ضخمة تدور حولها.

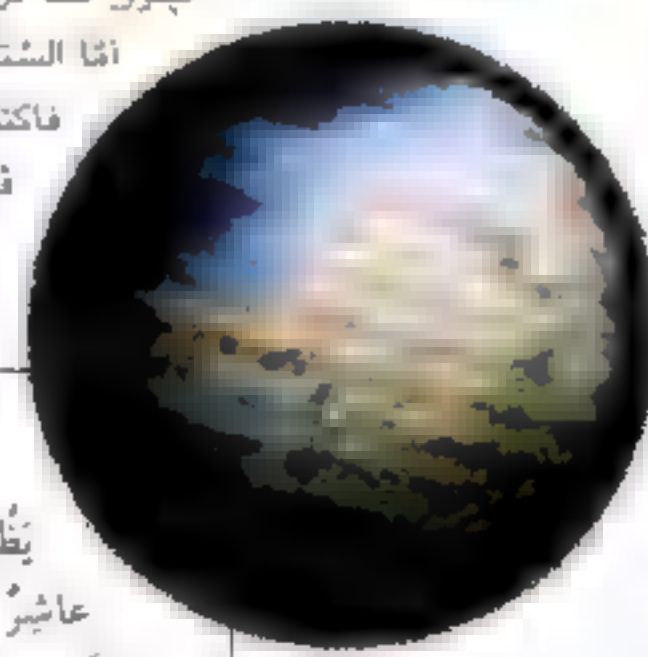


سطح نِيتُون

الهابط على نِيتُون تجابهه عواصفٌ ما خير مثلها قبلاً. فلقد سجلت السفينة الفضائية فوياجير سرعة رياح على نِيتُون تفوق النسر - بلغت ٢١٦٠ كم/سا.

نويده أحد أقمار نِيتُون

اكتشف من الأرض اثنتان من أقمار نِيتُون هما ترائيتون ومريد. أما السبعة الأخرى فاكتشفها فوياجير ٢٠٠٠.



أقمار نِيتُون

بصفاً كرة ترائيتون، أحد أقمار نِيتُون الثمانية، مختلفان جداً. فقطه الجنوبي يحوي براكين ناشطة وقلنسوة قرنفلية من الشروجين والجليد الميثاني، بينما قطبه الشمالي مَرزَقٌ كثير الأودية المُشعّلة.

الكوكب العاشر

يُظن بعض الفلكيين أنه قد يكون هناك كوكب عاشر في النظام الشمسي. ويعود هذا إلى كون جاذبية پْلُوتو وحدها لا تعمل نظم مداري أورانيوس ونِيتُون - مما يُفترض وجود جرمٍ أعظم كتلةً يشدهما حول المَسارين اللذين يتخذانهما.



يعتقد العلماء أن كتلة النظام الشمسي المحسنة أكثر من الكتلة البقية فلكياً اليوم.

المدارات

يدور پْلُوتو بشكلٍ غريب - فمداره أكثر ميلًا وأكثر استطالةً من مدار أي كوكب آخر. في الواقع، يكون پْلُوتو، في جزء من مداره، أقرب إلى الشمس من نِيتُون، بحيث يكون نِيتُون أبعد كوكب في النظام الشمسي خلال تلك الفترة.

لمزيد من المعلومات انظر

النظام الشمسي ص ٢٨٣  
أورانوس ص ٢٩٢  
السواير الفضائية ص ٣٠١  
حقائق ومعلومات ص ٤١٨



# الكويكبات

لو جُمعَت كُلُّ الكويكبات معًا لما كانت تُشكِّلُ إلا جُرَّةً صغيرةً فقط من كُتلة الأرض.

هل تعلم أن هنالك ملايين الأجرام السيّارة فعلاً في مداراتها حول الشّمس؟ فإلى جانب الكواكب التسعة «الحقيقية»، هنالك بضعة ملايين من الكويكبات - التي هي قطع صخرية تتراوح أحجامها من نتف دقيقة من الغبار إلى قطع يبلغ قطرها بعضاً بضعة مئات من الكيلومترات. ويدور معظم هذه الكويكبات في نطاق مداريّ بين مداري المريخ والمشتري، وتسلّك كويكبات أخرى مداراتٍ مختلفة. فمُنذ القرن الثامن عشر بدأت الأدلّة تتوافر لدى الفلكيين على وجود عالم ضائع بين المريخ والمشتري. فبدأت حملة التفتيش باكتشاف الكويكب الأوّل والأكبر، سيريس، صدفةً عام ١٨٠١. وقد تمّ حتى اليوم فهرسة وتحديد مواقع أكثر من ٥٠٠٠ كويكب.

## النطاق

### (أو الحزام) الكويكبي

نقد تكوّن الكواكب الرئيسيّة من نطاق المواد المحيطة بالشّمس الفتية، لكنّ السواد في منطقة الحزام الكويكبي لم تُكوّن كوكباً لأنّ الجاذبيّة الهائلة بكوكب المشتري المجاور منعتها من التكتّل معاً.

## مدارات الكويكبات

معظم الكويكبات يدور حول الشّمس في النطاق الكويكبي، فيما تدور مجموعات أصغر أخرى في مداراتٍ مختلفة. فالمجموعة الطّروادية تتحرّك على مسار المشتري نفسه؛ بعضها أمامه وبعضها الآخر خلفه. أمّا زمرة الكويكبات الأپولونية فمداراتها تتقاطع مع مسار الأرض. ويدور كويكب ناه جداً يدعى سيروس بين مداري زحل وأورانوس، وهو، على ذلك البعد من الشّمس، بنّالٌ من الجليد لا الصخر.

## الصورة الكويكبيّة الأولى

حتى العام ١٩٩١، طُلّت دراسة الكويكبات تعتمد أساساً على التلسكوبات (المفردية) الأرضية. ثمّ في تشرين الأوّل (أكتوبر) من تلك السنة، رصد المسافر الفضائي، غاليليو، في طريقه إلى المشتري كويكباً يدعى جاسيرا يقع على حافة النطاق الكويكبي، وصوّره - فكانت الصورة الأولى المأخوذة عن قُرب لأحد الكويكبات وجاسيرا هو كويكب صغير غير منظم الشكل، يبلغ قطره ١٦ كم ويدور حول محوره دورةً واحدة كلّ سبع ساعات.



## أحجام الكويكبات

يستطيع الفلكيون احتساب حجم كويكب ما بدراسة ضوءه (كميّة ما يعكسه من ضوء الشّمس)، أو بقياس زمن عبوره قبالة خلفيّة نجم ما، أو بقياس المسافر إذا اقرب من الأرض. أكبر الكويكبات حجفاً هو سيريس الذي يبلغ قطره ٩٣٣ كم، لكنّ غالبيتها لا تتعدّى ١٠٠ كم. والكثير منها، بالمقارنة، يُفرّم مبنى طابحات الشّحاب (في الولايات المتحدة).

قطر أصغر كويكب شوهد من الأرض حتى الآن يقارب ١٥٠ م. لكنّ الشواير الفضائيّة التي عبرت النطاق الكويكبي اكتشفت كويكبات لا يزيد قطرها على بضعة مليمتترات.

## إليانور هيلن

فضت الفلكيّة إليانور هيلن عدّة سنوات تكتشف الكويكبات وترسم خرائطها - بخاصّة تلك التي كانت تقترب من الأرض. تعمل هيلن في كاليفورنيا حيث تقوم بدراسة مدققة للوحدات الفوتوغرافيّة، باجته بين النجوم عن كويكبات جديدة. وتسجل التحرك السريع نسبياً للكويكب قبالة خلفيّة من النجوم البعيدة على لوحات فوتوغرافيّة مُقامرة على تلسكوبات خاصّة.



## تسمية الكويكبات

ترقّم الكويكبات الحديثة أوّلًا، وتُسمّى لاحقاً حسب اقتراحات مُكتشفها. ١٨٠١ اكتشف الكويكب الأوّل فأُعطي الرقم ١ وسمّي سيريس. ١٨٩١ أوّل كويكب اكتشف بالتصوير رقمه ٣٢٣ وسمّي بروسيدا. ١٩٧٧ اكتشف الكويكب رقم ٢٠٦١ وسمّي سيروس. مداره أبعد مدار معروف للكويكب. ١٩٨٣ أوّل كويكب اكتشف بواسطة سفينة فضائيّة رقمه ٢٢٠٠، وسمّي فينوس.

## المزيد من المعلومات انظر

النظام الشمسي ص ٢٨٣  
المريخ ص ٢٨٩  
المشتري ص ٢٩٠  
المذنبات والبارك ص ٢٩٥  
الشواير الفضائيّة ص ٣٠١



# المذنبات والنيازك

يبدو المذنب ككرة ثلج هائلة مُسَخَّعة تندفعُ خاصَّةً طريقها كالبرق حول أقاصي المنظومة الشمسية. إن بقايا السحابة التي كوَّنت النظام الشمسي المتواجدة ما وراء مدار بلوتو، تحوي بلايين الكتل الجليدية المعروفة بالمذنبات. ومن حين لآخر يتزاح أحدُها عن مداره، نتيجة ارتطام، إلى مسار نحو الشمس حيث يتبخَّر الجليدُ مُكوِّناً رأساً ضخماً وذنباً طويلاً. وخلال انطلاقه، يُطْرَح المذنب شَقفاً صغيرة، تُشاهد من الأرض شيئاً ضوئياً تُدعى النيازك. والفلكيون توافقون بالحصول على عينة من مذنب لأنها ستكون بيّنة دلالية من مولد النظام الشمسي.



نجوم شفرانية

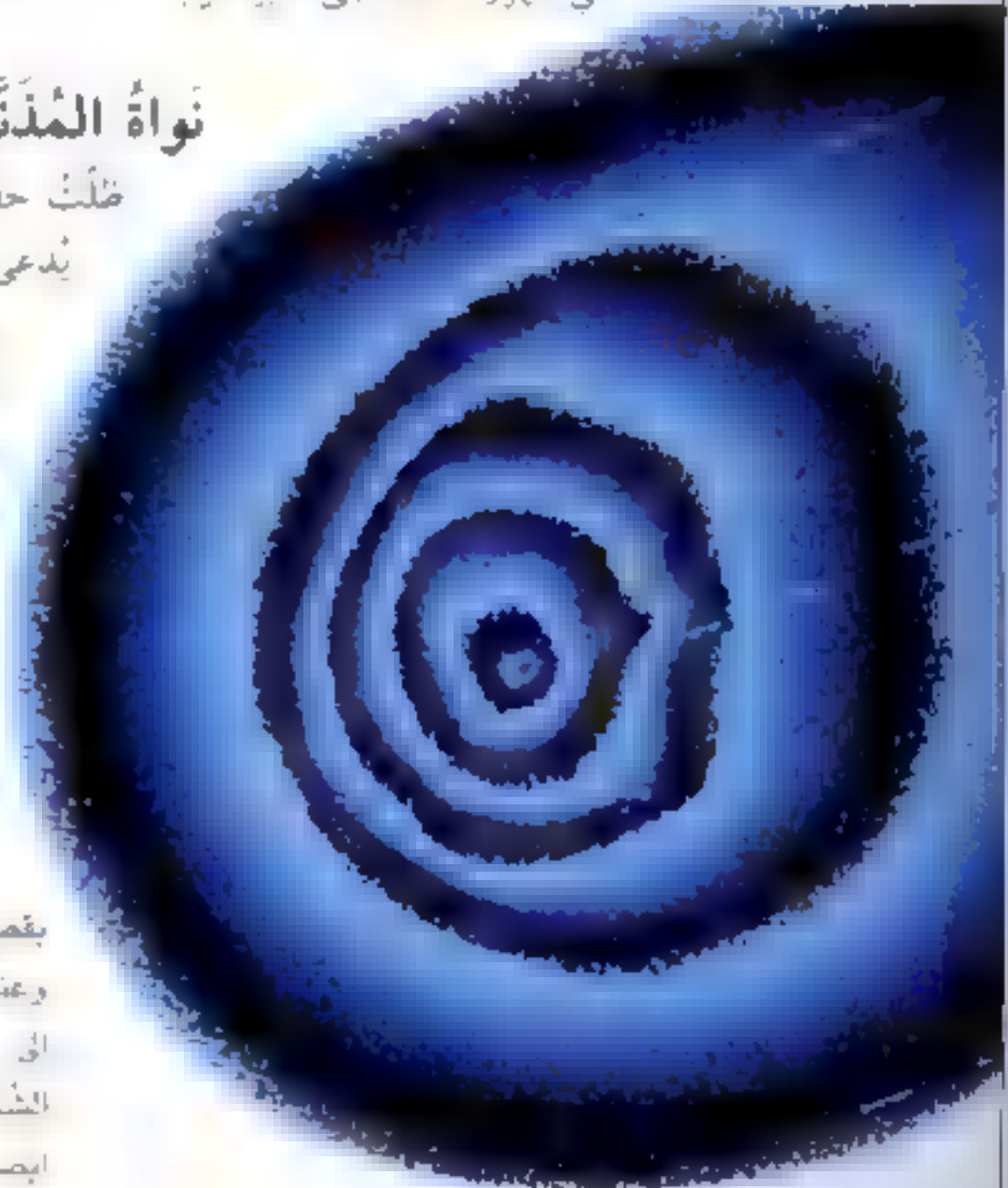
رُصدت المذنبات وشُجِلت على مدى آلاف السنين لكن كُتُبها لم تُترك على حِفْظها دائماً. فقد سُجِّلَت مرة من الحوم المشرقية، وكان المُنظِّرون (المُؤسِّسون بالخراعات) يرون في ظهورها الطفاحي بدير نوم.



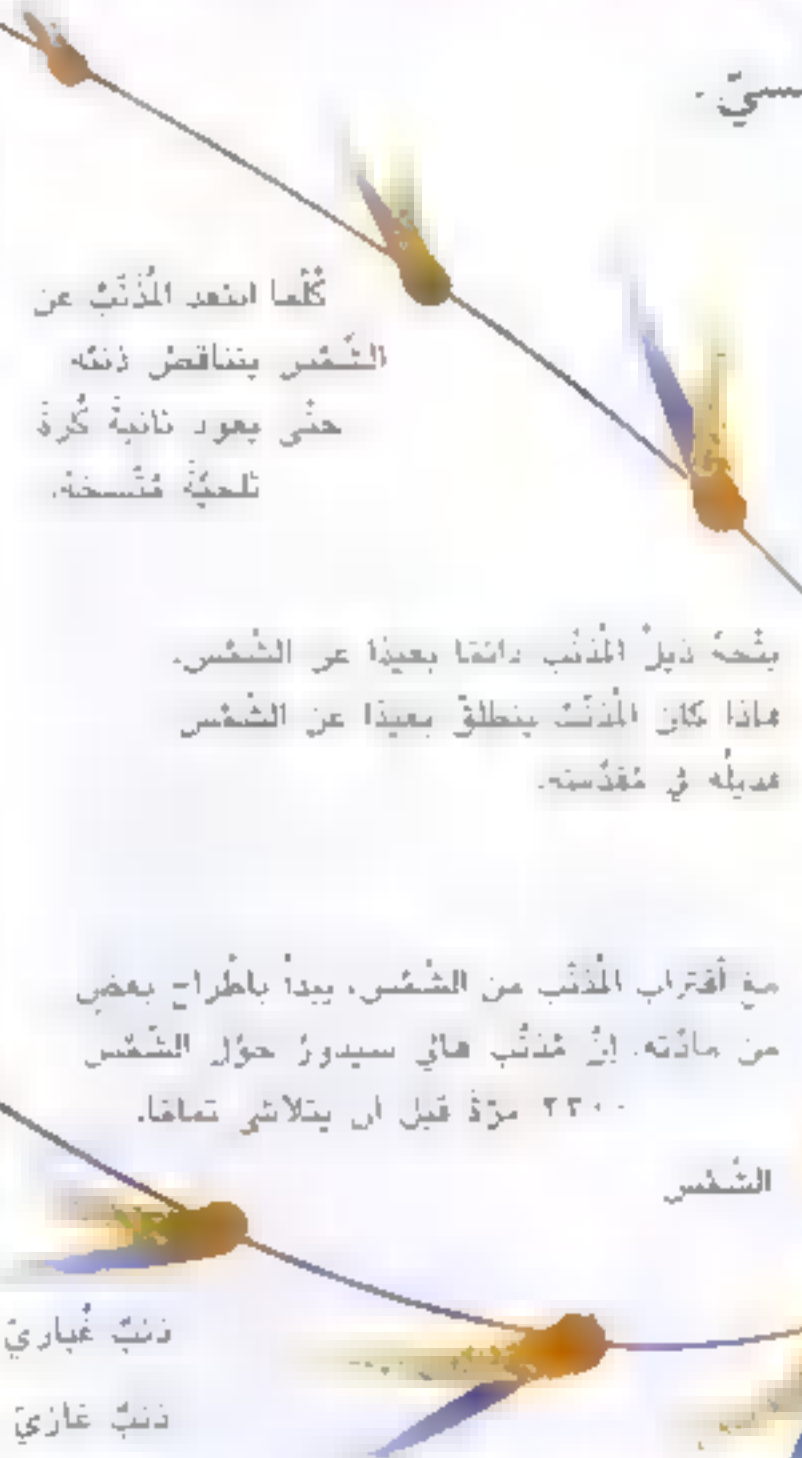
المذنب وشت، كما بدا في ١٢ مارس عام ١٩٧٦.

## نواة المذنب

ظَلَّت حقيقة نواة المذنب مجال تخمين الناس حتى مرَّ سابر فضائي يدعى جينوتو بمحاذاة نواة مذنب هالي عام ١٩٨٦. فأظهرت الصور المُبتعدة نواة عُسْفُوْتِيَّة (كحبة المطاط) من الحديد المتصخَّر طوَّنها ١٦ كم وعرضها ٨ كم؛ فكان ذلك أول تأكيد لمفوتة إن المذنبات هي كرات ثلجية عملاقة مُسَخَّعة (كما نَظَّروا) بذلك العالم الأمريكي. فريد ويل، عام ١٩٤٩.



يقضي المذنب معظم حياته ككرة ثلجية مُسَخَّعة وعندما يقترب من الشمس يتحوَّل ثلجُه المُضخَّم إلى راس غازي، يُدعى ذؤابة، تكسبه إشعاعات الشمس إلى ذنب غازي - حارقة معه أيضاً ذبلاً من خُسيمات الغبار.



كلما ابتعد المذنب عن الشمس ينفصل ذنبه حتى يعود ثانية ككرة ثلجية مُسَخَّعة.

بشعة ذيل المذنب دائماً بعيداً عن الشمس. ماذا كان المذنب ينطلق بعيداً عن الشمس عدله في مُقدَّسته.

مع اقتراب المذنب من الشمس، يبدأ بإطراح بعض من مادته. إن مذنب هالي سيدور حول الشمس ٢٣٠٠ مرة قبل أن يتلاشى تماماً.

الشمس

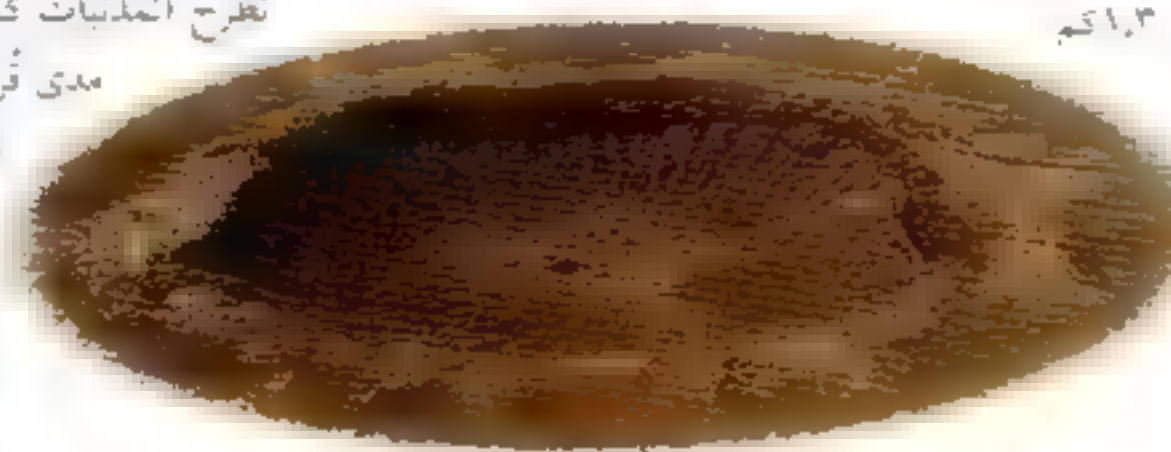
ذنب عُباري  
ذنب غازي

## الرَّجْم والنَّيازك

الرَّجْم قطع صخريَّة قديمة بين كوكبيته (من الكويكبات أو من سُطُوح الكواكب، مثلاً) نَعَرَ إلى جزر الأرض، فيخترق بعضها الأصغر شيئاً ليركَّنة فيه، ويصطدم بعضها الآخر بسطح الأرض رَجْماً. معظم الرَّجْم لا يتجاوز حجمها حجم قبضة اليد، لكن بعضها أكبر كثيراً. ورَّجْم باريسجر الذي حط في أريزونا، بالولايات المتحدة، أحدث حفرة قطرها ١,٣ كم.

## وابل شهب

نُظِرَخ المذنبات كميات هائلة من الغاز والغبار، يتجمَّع منها على مدى قرابة الألف سنة حلقة ضخمة. فإذا مرَّت الأرض غير تلك الحلقة، يحترق الغبار في جوها، فيرى ذلك من الأرض وابل شهب ليركَّنة.



حفرة رجيمية في أريزونا، بالولايات المتحدة

## إدموند هالي

عبد العالم الإنكليزي، إدموند هالي (١٦٥٦-١٧٤٢)، في عدة مجالات من الأبحاث الفلكية، لكنه اشتهر خاصة بأبحاثه حول المذنبات. بين هالي أنَّ المذنبات التي رُصدت عامي ١٥٣١ و١٦٠٧، والمذنب الذي شاهده شخصياً عام ١٦٨٢، هي في الواقع المذنب نفسه، وتنبأ بعودته أواخر عام ١٧٥٩، وهذا ما حصل بالفعل. كما ظهر المذنب أيضاً في الأعوام ١٨٣٥، ١٩١٠ و١٩٨٦، ويُعرف بمذنب هالي. وكان هالي أول من بين أنَّ مدارات بعض المذنبات تعيدها دورياً إلى جوار الشمس.



## لمزيد من المعلومات انظر

- النظام الشمسي ص ٢٨٣
- الكويكبات ص ٢٩٤
- حقائق ومعلومات ص ٤١٨



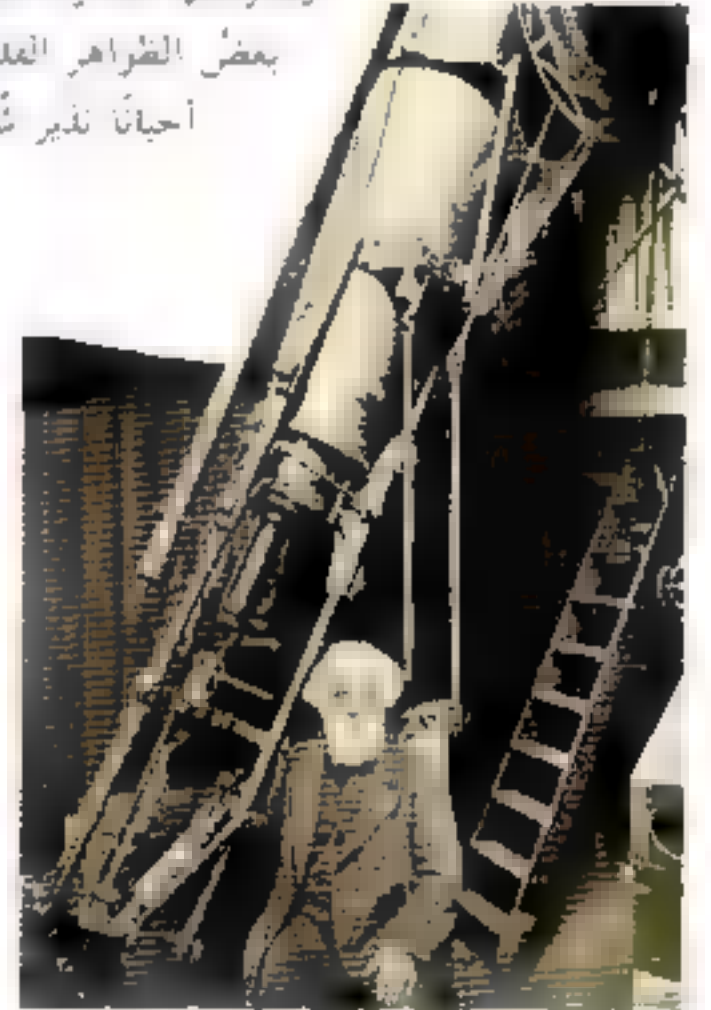
# عِلْمُ الْفَلَكِ

مرصد المايا في مكسيكو  
يرجع غهذه إلى القرن  
الأول الميلادي.



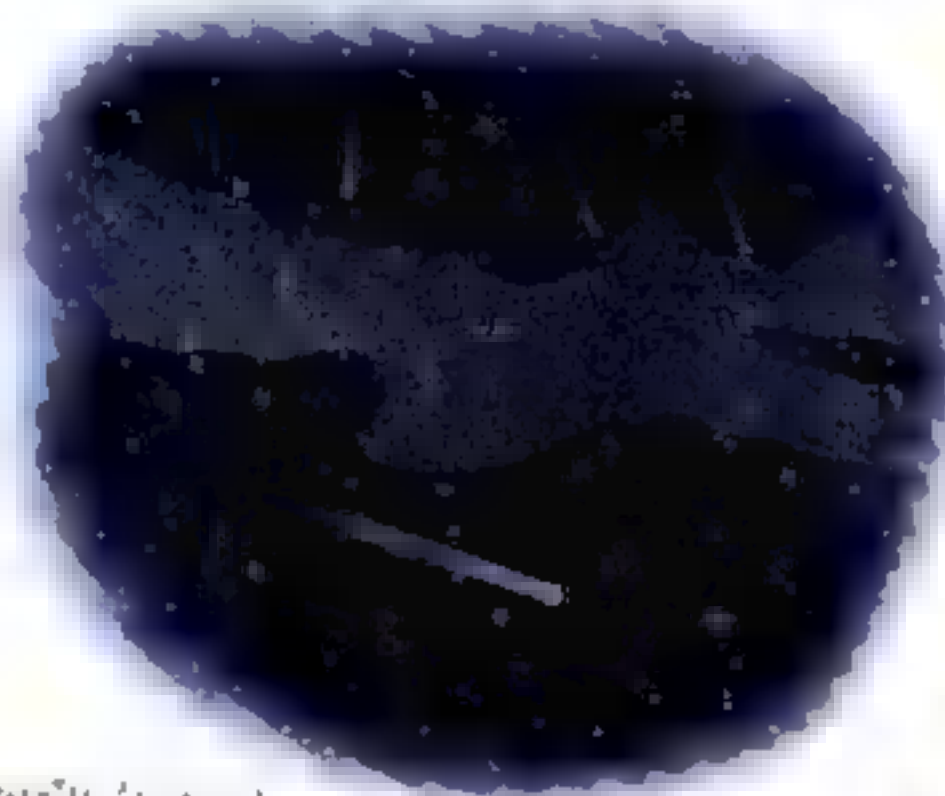
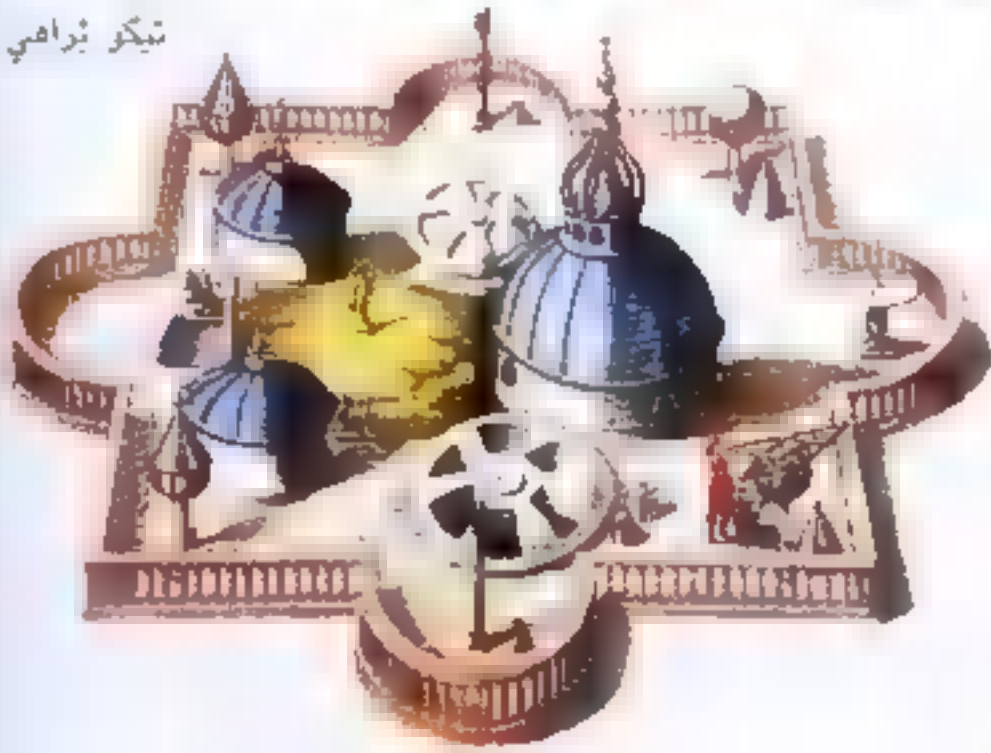
## عِلْمُ الْفَلَكِ الْقَدِيمِ

اعتمدت الحضارات العائمة القديمة في تطويعها على حركة الأجرام في الفضاء فاستخدمت مواقع الشمس والقمر في قياس الزمن - بالأيام والشهور والفصول والسنين كما استخدمت الشمس والقمر والنجوم معالم هداية في السفر والملاحة برًا وبحرًا. ولما كان إدراك طبيعة تلك الأجرام ونحركاتها قاصرًا اعتبرت بعض الظواهر الفلكية أحيانًا نذير شوم.



عِلْمُ الْفَلَكِ أقدم العلوم، فمنذ آلاف السنين حاول الإنسان تعرّف الفضاء وموقع الأرض فيه. وقد طوّر المصريون منذ ٤٠٠٠ سنة تقويمًا يعتمد على حركة الأجرام السماوية - كما عرفوا الكسوف والخسوف. وقد حقق الإغريق منذ القرن السادس ق.م. إنجازات فلكية على يد أمثال طاليس وأرسطارخس واراتوشينس طوّرها الفلكيون العرب من أمثال البتاني والبيروني فيما بين القرنين الثامن والثاني عشر، كما يتبين من مئات التسميات الفلكية الدولية المعاصرة. ومنذ القرن السابع عشر تسارعت وتيرة الاكتشافات الفلكية حتى إن ما تعرّفناه عن الكون خلال القرن الحالي يفوق سائر ما عرفناه سابقًا. فقد أصبح الفلكي اليوم عالمًا مختصًا بمجال من عِلْمِ الْفَلَكِ لا شخصًا يعمل في مجالات علمية متعددة.

مرصد  
نيكو براهي



## استخدام التقنيات (التكنولوجية)

كان الفلكيون القدماء يعتمدون على ما يشاهدونه بالعين المجردة. ففي القرن السادس عشر وضع نيكو براهي من مرصده أدق القياسات الممكنة للنجوم بالعين المجردة. ثم استخدم التلسكوب للمرة الأولى في القرن السابع عشر. وظل على مدى السنين أداة الفلكيين الأساسية. واليوم يستعان بالتلسكوبات الخارقة القدرة والشوايل والتوابير الفضائية، على اختلافها، لجمع المعلومات عن الفضاء. ومن ثم يستخدم العلماء معدات متطورة معقدة لدراسة المعلومات المجمعة.

## أهداف جديدة طموحة

خلال القرن التاسع عشر تغيرت أهداف عِلْمِ الْفَلَكِ. فنحول اهتمام الفلكيين من فهرسة النجوم وتحديد مواقعها وحركاتها إلى دراسة ماهية الأجرام الفلكية وطبيعتها (علم الفيزياء الفلكية). ففي السنين من القرن التاسع عشر، حلل الفلكي البريطاني، وليام هيجر، أضواء النجوم (الأضواء) وسرعان ما كرس الفلكيون جهودهم في متابعة هذا العمل، فصنّفوا النجوم تبعًا لأطيافها.

يستخدم الفلكيون

الحواسيب في تحليل  
الصور واحتساب المدارات  
والتحكم في المعدات المختلفة  
كالتلسكوبات والشوايل  
والتوابير الفضائية.

## عِلْمُ الْفَلَكِ الحديث

ما إن يتوصل الفلكيون إلى إيجاد الأجوبة عن بعض تساؤلاتهم، حتى تخلق محلها تساؤلات جديدة. فمن المسلم به الآن مثلاً أن بداية الكون نشأت بالانفجار العظيم؛ لكن كيف تجمعت مواد ذلك الانفجار معًا لتكون المجرات؟ يستطع العلماء اليوم معالجة أمثال هذه المسائل بسرعة أكبر بواسطة الحواسيب - فهذه، تحل المسائل الرياضية المعقدة، التي كانت تستغرق أسابيع منذ مئة سنة، في غضون شويعات. كما تمكن الحواسيب الفلكيين، حول العالم، من التواصل معًا بتضافر جهودهم في فهمنا للكون.

## يوهانس كبلر

الفلكي الدانماركي، نيكو براهي (١٥٤٦-١٦٠١)، قضى سنوات عديدة في فهرسة النجوم والكواكب وتحديد مواقعها بدقة فائقة. فمكّن أرصاده الدقيقة للكواكب مساعده يوهانس



كبلر (١٥٧١-١٦٣٠) من التوصل إلى قوانينه الفلكية الثلاثة المهمة في كشف طبيعة حركاتها وقانونه الأول يصف أشكال مدارات الكواكب؛ وقانونه الثاني يحدد سرعة الكواكب في مداراتها، وقانونه الثالث يبين علاقة المدارات الكوكبية المختلفة بعضها ببعض.

## لمزيد من المعلومات انظر

- النجوم ص ٢٧٨
- الكواكب (الأبراج) ص ٢٨٢
- النظام الشمسي ص ٢٨٣
- الشمس ص ٢٨٤
- التلسكوبات على الأرض ص ٢٩٧
- التلسكوبات في الفضاء ص ٢٩٨
- الشوايل الفضائية ص ٣٠١



# التليسكوبات على الأرض

مُذُنَّب هالي ١٩١٠



قَبْلَ اخْتِراع التِّلِسكوب (المِقْرَاب)، كانت الوسيلة الوحيدة لِرَصد الكَوْن هي العَيْن المُجَرَّدة. وَمِنْذُ اسْتخدَم غاليليو التِّلِسكوب لِلْمَرَّةِ الأولى لِرَصد الأَفلاك عام ١٦٠٩، أخذ الفلكيُّون يُحدِّثون أَبصارَهم أَبعد فأبعد في أرجاء الفَضاء؛ فاستطاعوا رؤية تفاصيل دقيقة من سُطوح الكواكب ومُشاهدة الكثير من النُجوم التي لم تكن تُرى فيما مَضَى. وقد اسْتخدَمَت التِّلِسكوبات الأولى عَدسات لِتُجمَع ضوء النُجوم فَعُرِفَت بالتِّلِسكوبات الكاسِرة. أما التي تَستخدِم المرايا بِدَل العَدسات فَتُسمَّى التِّلِسكوبات العاكِسة. ولِلتِّلِسكوبات الحديثة مُلْحَقات تُمَكِّنُها من أخذ القياسات وتحليل ضوء النُجوم. ولا يَزَالُ التِّلِسكوب الصَّدِيق المُفضَّل عند الفلكيِّين.

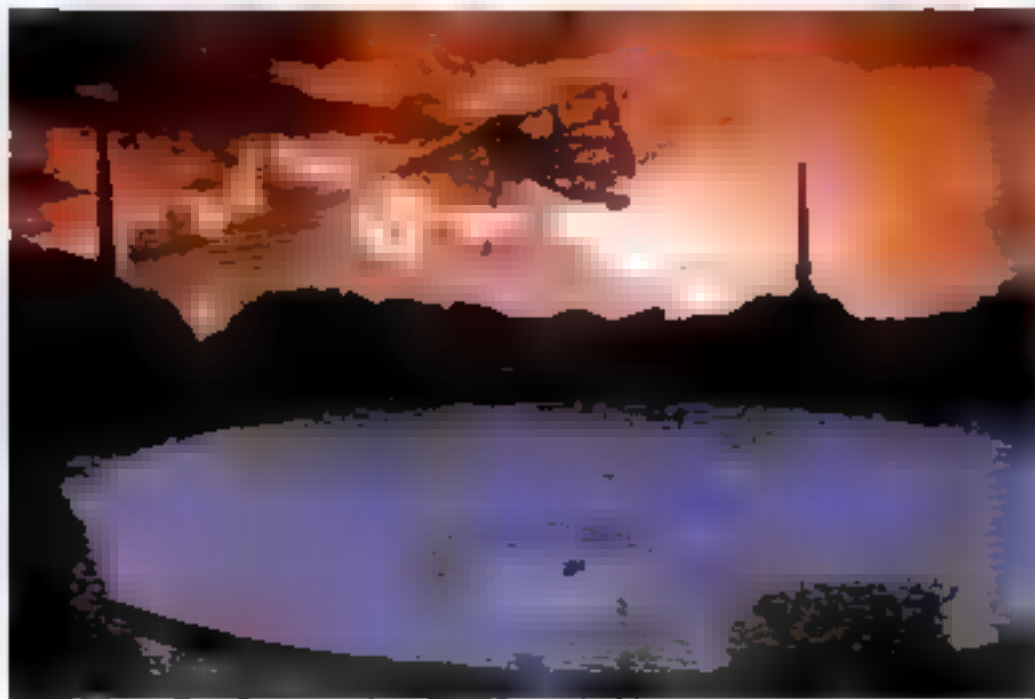
## الصُورُ التِّلِسكوبِيَّة

بدأ التقاط الصُور من الفَضاء فوتوغرافيًا (كصُور المُذُنَّبَات مثلاً) مِنْذُ أوائل عَهد التصوير الفوتوغرافي. واليوم، يَلتَقِظُ الفلكيُّون الصُور من جِلالِ التِّلِسكوبات، فَتُسَجَّلُ الصُورة على رَقِيقَةٍ إلكترونيَّة أو لَوَاحٍ فوتوغرافيَّة، وقد تُستخدَم الحواسِبُ في إبراز تفاصيلها.

## المِراصد

تَطلُبُ التِّلِسكوبات مَكانًا مُناسبًا تُدعى مِراصد. وتُقام هذه المِراصدُ عادةً على قِمَم الجِبال، حيث يَتَسَنَّى لِلتِّلِسكوب الحُصولُ على المَناظر الأفضل لِلفضاء - بعيدًا عن أضواء المُدن ومُتجاوزًا الكثير من التأثيرات المُعيقَة في جَوِ الأرض.

فَجَرٌ في سماءِ الطَّبَقِ العاكس الضخم  
لِتِلِسكوب أريسيبو الراديوي.

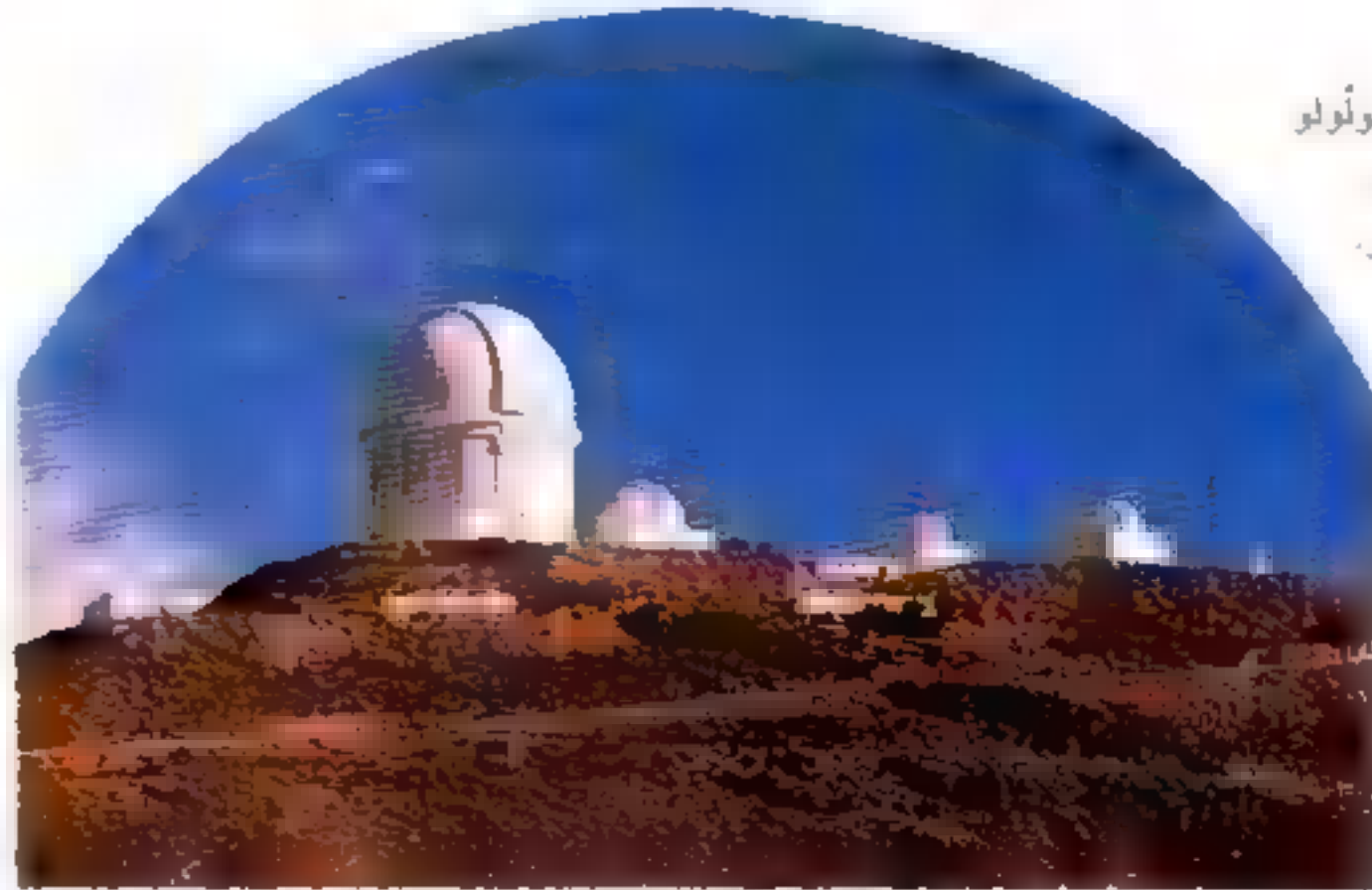


## التِّلِسكوبات الراديويَّة

لِجَمْع الأمواج التَّلَاسِكِيَّة من الفَضاء، يُستخدَم الفلكيُّ تِلِسكوبًا راديويًّا، يَعْمَلُ كالتِّلِسكوبات البصريَّة (التي تُجمَعُ الضوء) - فَبُوجَّة طَبَقُهُ نحو الفضاء لِجَمْعِ الأمواج وتَبييرِها. ولَمَّا كانت الأمواج التَّلَاسِكِيَّة أطول أمواج من الضوء، وَجِبَ أن يَكونَ التِّلِسكوبُ التَّلَاسِكِيُّ أكبرَ بكثيرٍ من التِّلِسكوب البصريِّ لِجَمْعِ كَمِيَّةِ المَعلومات ذاتِها. ويوجدُ التِّلِسكوب ذو الطَبَقِ الأحاديِّ الأكبر في العالم في أريسيبو، بورتوريكو. وقد أقيم طَبَقُهُ البالغ قُطرَهُ ٣٠٥ أمتار فوق نجويف طبيعيٍّ في الأدغال. ففي أثناء دوران الأرض بِوِجَةِ الطَبَقِ أقسامًا مُختلفةً من السماء.

### لِمزيد من المَعلومات انظر

- الانعكاس ص ١٩٤
- العَدسات ص ١٩٧
- الألآت البصريَّة ص ١٩٨
- التِّلِسكوبات في الفضاء ص ٢٩٨



يَفِيقُ مِرْصَدُ سِبرُو تُولولو  
(لعموم أمريكا) على  
سلسلة جبال الأنديز.

التِّلِسكوبات ضخمة  
جداً وباهظة التكلفة  
بحيث تشترك عدَّة  
دُول في بَناؤها واحِدٍ  
منها وأستخدامه.

صُورة بالراديو لسديم  
الشُرطان المُقطَّع بواسطة  
المِقْرَابِ الراديويِّ الكبير  
المُتَّعَدِّدُ الأضْبَاقِ في  
نيومكسيكو.

## الإِطلاءُ على الماضي السَّحيق

إذا تابع الفلكيُّون رَصدَ الأحرار البعيدة أكثر فأكثر، فقد يَستطِيعون النَظَرُ أَعَدَّ مَاضٍ في الماضي السَّحيق - زَمانًا نحو بداية الكَوْنِ ذاتِها. ولتَحقيق ذلك يَحتاجون إلى تِلِسكوبات ذات مَرايا كبيرة جدًا لِجَمْعِ الضوء. ويضمُّ مِرْصَدُ سِبرُو تُولولو في السَّيْلِ تِلِسكوبًا عاكسًا ذا مِراقٍ ضخمة يبلغ قُطرُها ٥ أمتار. ولَمَّا كان من الصَّعب طَبعُ مِراقٍ أكبر (لأنَّ الرُجَاج يَنكسر)، فقد طُوِّرت بعضُ التِّلِسكوبات المُتَّعَدِّدة المِرايا، وهي تُستخدَم مُجموعاتٍ من المِرايا الصَّغيرة المُتضافَة بحيث تُعَادِلُ قُدْرَتُها على جَمْعِ الضوء قُدْرَةَ مِراقٍ ضخمة جدًا.

## تِلِسكوبات تَعمَلُ مَعًا

يَمكنُ ضمُّ عدَّةٍ تِلِسكوباتٍ صَغيرةٍ لِتَعمَلُ مَعًا كَتِلِسكوبٍ ضَخْمٍ. ويُقومُ حاسِبٌ بِضمِّ المَعلومات التي يَستَقبِلُها كُلُّ طَبَقٍ. وتُعرفُ هذه التَّقنيَّة بِعَلمِ القياس بالتداخل الصَّوْني، وقد اسْتخدَمَت لِلْمَرَّةِ الأولى في السَّيِّمَات من القرن العشرين. وَجَدِيَّةً بالذِّكر أن أكبر تِلِسكوب راديويٍّ

(الأسكني) من هذا  
النوع يَستخدَمُ

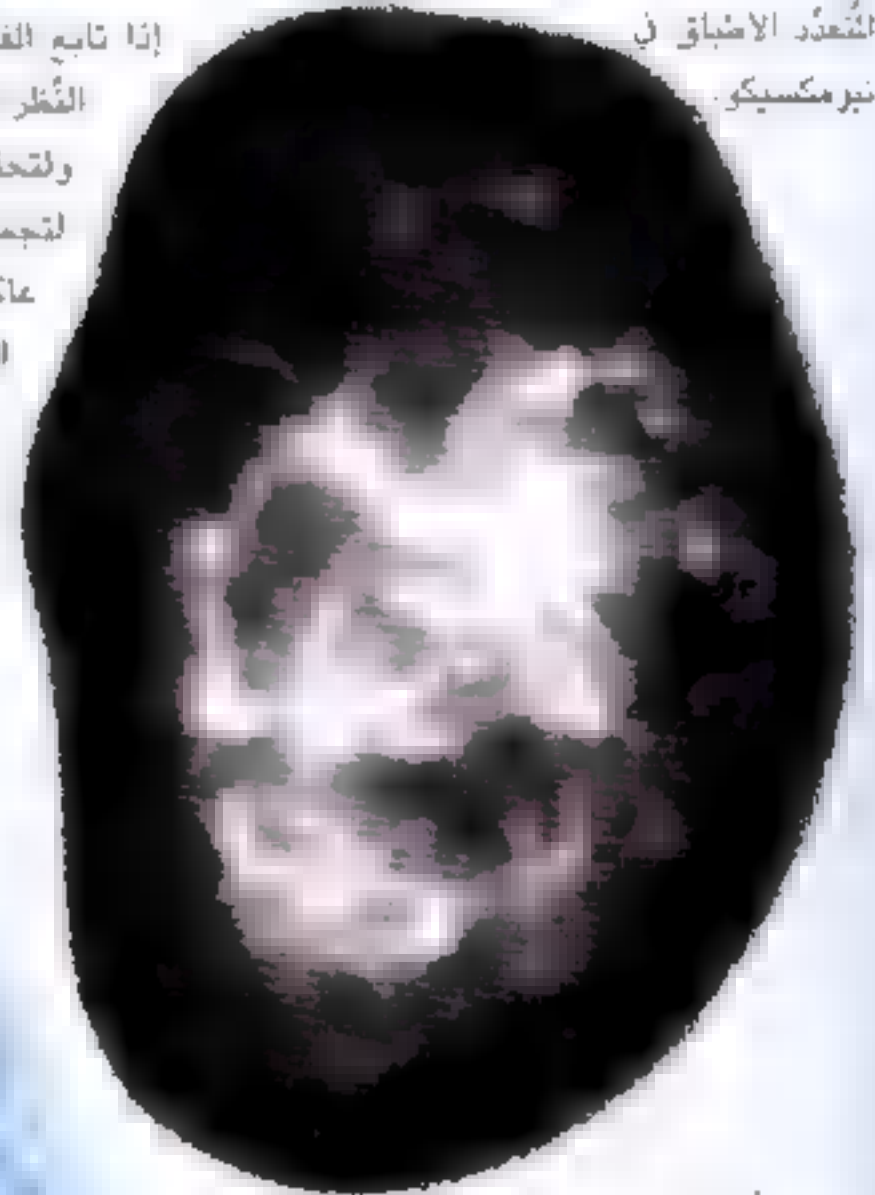
أطباقًا مُتَناهِيةً

في قارَاطٍ مُختلفة!

في نيومكسيكو، يَستخدِمُ

المِقْرَابِ الراديويِّ الكبير المُتَّعَدِّدُ الأطباقِ

صَفيحةً من ٢٧ طبقًا قُطرُ الواحد منها ٢٥ مترًا.



## صُورة بالراديو

اكتُشِفَت أمواج الفضاء الراديويَّة (المُسمَّاةُ أحيانًا بالضوء التَّلَاسِكِيَّة) عام ١٩٣١. لكن إقامة التِّلِسكوبات الراديويَّة (التَّلَاسِكِيَّة) واستِخدامِها نَاقِراً حتى أوائلِ العَهدِ التَّالِي. في هذه التِّلِسكوبات نُحوِّلُ الأمواج الراديويَّة إلى إشاراتٍ كهربائيَّة يَمكنُ استِخدامِها لِتَأيِيفِ صُورٍ مُصَغَّرةٍ.



# التلسكوبات في الفضاء

يَحْبُبُ جَوَّ الأرض العديد من الإشعاعات، فَيَقِينَا مِنْهَا كما تَقِي النظاراتُ الشمسيَّةَ أعيننا. وهذا الجَوُّ يَمُرُّ الضوءَ، لكنَّ الضوءَ أيضًا يَتَأَثَّرُ به - فَيَبْدُو الصُّورُ غَيِشَةً والنُّجُومُ لَأَلَاءَةً؛ وهي في الواقع مُطَرِّدَةُ الشُّطُوع. إِذَا أَخَذَ الفلكيُّونَ مُنْذُ مُتَنَصِّفِ القَرْنِ العِشرينَ يَبْعَثُونَ التِّلِسْكَوبَاتِ إِلَى الفضاءِ لِلْحَصُولِ عَلَى صُورٍ وَمَشَاهِدٍ أَفْضَلَ لِلْأَفلاكِ مِنْ حَوْلِنَا. كما إِنَّ التِّلِسْكَوبَاتِ فِي الفضاءِ تَلْتَقِطُ مَشَاهِدَ لِلْكَوْنِ لَا يُمَكِّنُ مُشَاهَدَتُهَا مِنَ الأرضِ؛ وتَعْمَلُ هذه التِّلِسْكَوبَاتُ لَيْلَ نَهَارٍ - تُسَجِّلُ المَعْلُومَاتِ وَتُرْسِلُهَا إِلَى

الأرضِ لِتُحَلَّلَ وتُدرَسَ. ثُمَّ إِنَّ التِّلِسْكَوبَاتِ تُمَكِّنُنَا مِنْ تَفْخِصِ الفضاءِ بِأَجْهَازِهِ حَسَّاسَةٍ لِمُخْتَلِفِ الأشْعةِ السَّيْئِيَّةِ مِنْهَا وَفَوْقَ البِنْفَسْجِيَّةِ والأشْعةِ دُونَ الحُمْرَاءِ.



## المحاولات الأولى

خلال الثلاثينيات والأربعينيات من القرن العشرين كانت المحاولة إحدى الوسائل القليلة لحمل الأجهزة العلمية إلى الفضاء؛ وكانت الصواريخ الخيار الآخر. وهي، متى حُلِّقَتْ إلى ارتفاع كافٍ، يَنْسَى لها خلال دقائق قليلة تسجيل مشهد كظهور للنس مثلًا بالأشعة السَّيْئِيَّةِ. قَبْلَ سُقُوطِهَا عَائِدَةً إِلَى الأرضِ.

يَنْقَسِمُ جَوُّ الأرضِ إِلَى طَبَقَاتٍ مُخْتَلِفَةٍ: هِيَ الغِلاَفُ السَّفْلِي (الْتَرُوبُوسْفِيرُ)، والغِلاَفُ الطَّبَقِي (الْسْتِرَاتُوسْفِيرُ)، والغِلاَفُ المتوسِّط (الْمِيُوسْفِيرُ) والغِلاَفُ الحراري (الْتَرْمُوسْفِيرُ)؛ وَتَحْتَهُ الأَغْلَافُ المُخْتَلِفَةُ إشْعااعَاتٍ مُخْتَلِفَةٍ.

يَصْنُدُ الغِلاَفُ الحراريَّ أشْعةَ جاما ذات الأطوال الموجية القصيرة.

الأشعة السينية

الأشعة فوق البنفسجية

## صُورٌ بالأشعة دُونَ الحُمْرَاءِ

إِنَّ مَعْضَ الأشْعةِ دُونَ الحُمْرَاءِ تَصَلُّ مِنَ انْفِصَاءِ الخَارِجِي. لَكِنَّا نَتَدَخَّلُ مَعَ الأشْعةِ دُونَ الحُمْرَاءِ الَّتِي تَبْعَثُهَا الأرضُ نَفْسُهَا لِدَا. يُفَضَّلُ الفلكيُّونَ وَضْعَ تِلِسْكَوبَاتِ الأشْعةِ دُونَ الحُمْرَاءِ فِي الفضاءِ - حَيْثُ بَسْطَاعَتُهَا كَشَفَ المَصَادِرِ الحراريَّةِ الَّتِي لَا تَبْشُرُهَا التِّلِسْكَوبَاتُ الصُّوبِيَّةُ.

طبقة الغلاف الحراري القلبي

## الإشعاع

أمواج الضوء هي إحدى أنواع الإشعاعات العديدة التي تُبْعَثُهَا الأجرام الفضاوية. والأنواع الأخرى ذات أطوال موجية مختلفة. فالأمواج الراديوية، مثلاً، ذات طول موجي يفوق طول أمواج الضوء؛ بينما الأطوال الموجية للأشعة السينية أقصر. ونسب كل هذه الإشعاعات قدرًا على اختراق جو الأرض لينبوغ سطحيها - فمعظم الضوء وبعض الأشعة دُونَ الحُمْرَاءِ قَادِرَةٌ عَلَى ذَلِكَ. أَمَّا أَشْعةُ غَامَا، فَلَا.

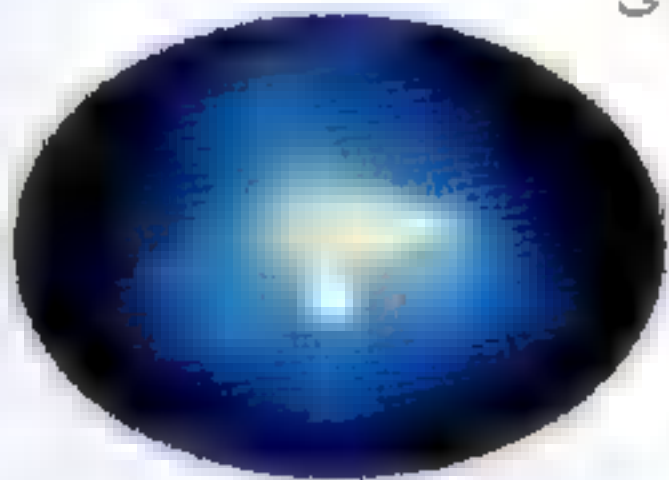
فَإِذَا رَغِبَ الفلكيُّونَ تَجْمِيعَ بِمِثْلِ هذه الأشْعةِ (الَّتِي لَا نَسْتَطِيعُ اخْتِرَاقَ جَوِّ الأرضِ) فَعَلَيْهِمْ إِرسَالُ مُعَدَّاتِهِمْ إِلَى الفضاءِ الخَارِجِي لِذَلِكَ.

الغلاف الطبقي العلوي

أعلى الغلاف السفلي

سطح الأرض

تصل أمواج الضوء إلى الأرض، لكن نسينها عبر الجو يؤثر فيها.



صورة لسديم السرطان بالأشعة السينية (أشعة أخرى)

## صُورٌ بالأشعة السَّيْئِيَّةِ

مُنْذُ اكْتَشَفَ الأشْعةُ السَّيْئِيَّةُ الفَضَائِيَّةَ المَعْرُوةَ الأُولَى، عام ١٩٤٨، والفلكيُّونَ يَنْتَشِصُونَ الكَوْنِ كما تُبَيِّنُهُ تِلْكَ الأشْعةُ (إِذْ يَنْقَدِرُ الأشْعةُ السَّيْئِيَّةُ نِيَّانَ «البُقْعِ الحَامِيَةِ» أَوْ المَنَاطِقِ النَاشِطَةِ الفَعَالَةِ فِي الفَصَاءِ ٢٠ كما تُسَاعِدُنَا أَيْضًا فِي مُشَاهَدَةِ أَجْرَامِ، كَالْجَلَسَاتِ، تَبْدُو بِدُونِهَا ضَبَابِيَّةً حَافَةً.

يُسْتَعْمَلُ تِلِسْكَوبٌ هَبِلٌ مَرَايَا لِتَجْمِيعِ الضوءِ والأشْعةِ فَوْقَ البِنْفَسْجِيَّةِ مِنَ الفضاءِ وَتَبَيُّنِهَا.

حاسوب الشاتل يتحكم في التلسكوب وينقل المعلومات من الأرض إليها.

## تِلِسْكَوبُ هَبِلَ

أُطْلِقَ تِلِسْكَوبُ هَبِلَ الفَضَائِي فِي نِيَّانِ (أَبْرِيل) عام ١٩٩٠. وَهُوَ يَدُورُ حَوْلَ

الأرضِ عَلَى غِلَاقٍ ٥٠٠ كم، وَيَجْمَعُ مِنْ مَوْقِعِهِ صُورًا مُنْذُ مِلْيَينِ السَّنِينِ نَتِيجَ لِلْفَلَكِيَّينَ فُرْصَةَ الاِطْلَاعِ عَلَى تَكْوُنِ الكَوْنِ الْفَنِيِّ بَعْدَ الانْتِجَارِ الْعَظِيمِ وَيَقُومُ عَلَى صِيَانَةِ هَذَا التِّلِسْكَوبِ فِي الفضاءِ دُرُوبًا رُوَادٌ مِنَ المَكْنُوكِ الفَضَائِي.

## لمزيد من المعلومات انظر

- الكتب الكهرومغناطيسي ص ١٩٢
- الآلات النصرية ص ١٩٨
- الجو ص ٢٤٨
- التلسكوبات على الأرض ص ٢٩٧
- التواريخ ص ٢٩٩
- السواتل (الأقمار الصناعية) ص ٣٠٠



# الصَّوَارِيخ

للإفلات من جاذبية الأرض لا بُدَّ من الإنطلاق في صاروخ. لذا تُستخدم الصواريخ في دسّر السّواتل والرّوَاد إلى الفضاء، وبدونها كانت تظلُّ معلومَاتنا عن مُحيط أرضنا قليلة، ولا كُنَّا نَعْمنا بالكثير من الفوائد التي أتاحتها لنا تلك السّواتل. تولّد الصواريخ قوّة دسّر تدفعها صُعدًا بحرق الوقود.

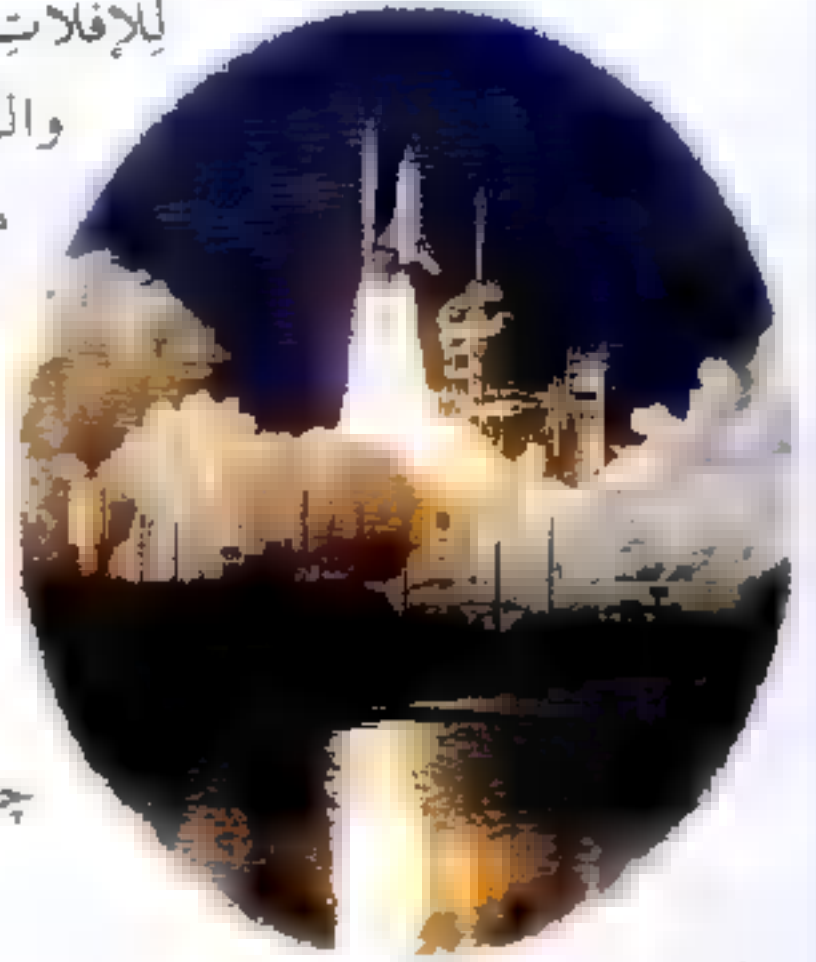
والواقع أنّ الوقود يشغلُ مُعظمَ حجم الصاروخ - فحمولته (من الرّوَاد والآلات) لا تشغلُ بالمقارنة إلا جزءًا صغيرًا من حجمه. في العام ١٩٥٣، عرض

الاستاذ الروسي، قسطنطين تسيولكوفسكي، الأفكار العلميّة الأولى حول

الدفع الصاروخي. لكنّ مشاريع ريادة الفضاء لم تتبلور إلا في

العام ١٩٢٦، عندما أطلق المهندس الأمريكي، روبرت

جودارد أول صاروخ يعمل بالوقود السائل.



## موقع الإطلاق

تُطلق الصواريخ من مراكز فضائية، يَنُح عددُها حوالي ١٥ مركزًا مُوزعة حول العالم. يحوي كلّ مركز فضائي أقسامًا نظيّة وحكّميّة، ومنصة إطلاق. عند انتهاء كلّ التحضيرات، يُقام الصاروخ على المنصة جاهزًا للإنطلاق. وكلّما اقترب موقع الإطلاق من خط الاستواء، ازدادت المساعدة التي يلقاها الصاروخ للارتفاع نتيجة لتدوير الأرض (حيث هو الأسرع هناك).

## فوشخود

صُمم الصاروخ الروسي فوشخود لحمل أكثر من رائد إلى الفضاء في رحلته. ففي العام ١٩٦٤، أُطلق ثلاثة من الرّوَاد الروس إلى الفضاء. وفي رحلة فوشخود الفضائية الثانية عام ١٩٦٥، حقّق رائد الفضاء الروسي، ألكسي ليونوف سبًا لدا كاول رائد يُغامر بالخروج من كبسولته.

زاد وزن ساتلون «د»

الثلاثي المراحل (الطبقات)

عن ٢٧٠٠ طن، فاحتاج

إلى قوّة دسّر هائلة

ليُطلق من الأرض. وقد

توفرت تلك القوّة من خمسة

مُحرّكات في المرحلة (الطبقة أو

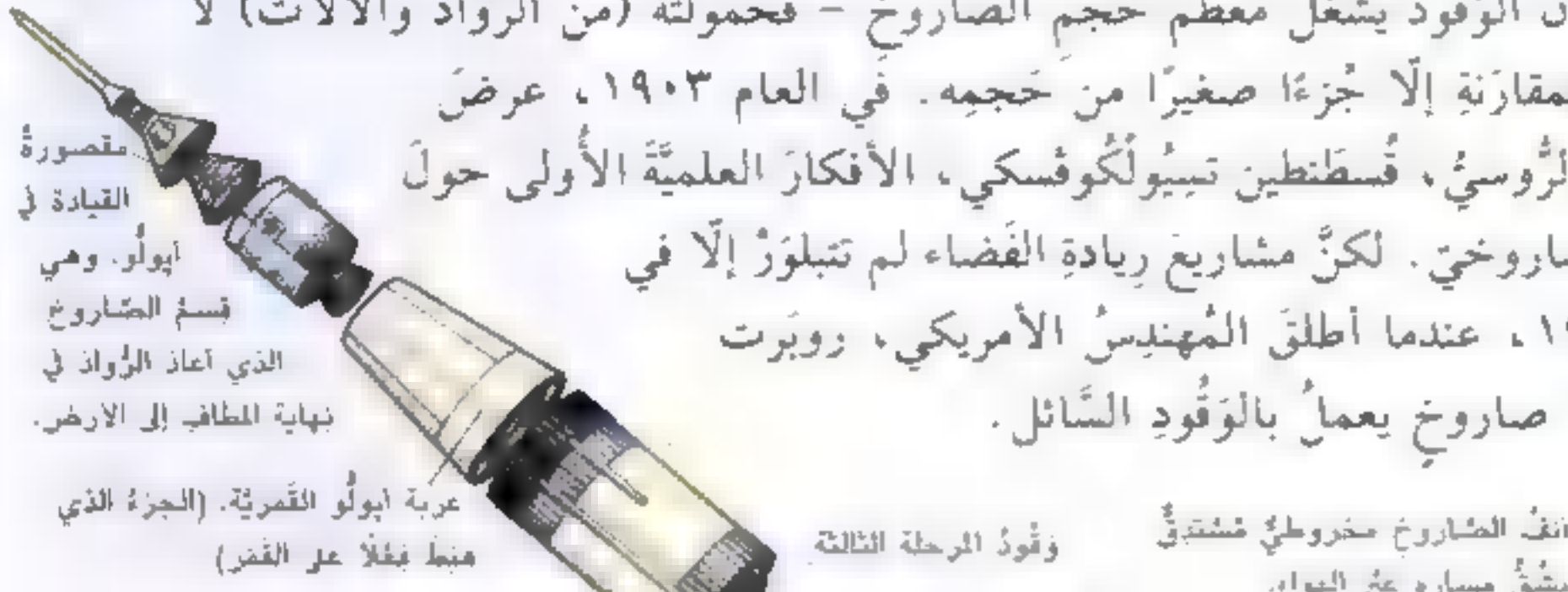
الحاوية) السفلى. وخلال دقائق توقّف الاحتراق في هذه

المرحلة فسقطت عائدة إلى الأرض.

## سرعة الإفلات

إذا زُميت كُرّة في الهواء، فإنّ جاذبيّة الأرض ستبطلها تدريجيًا حتى تسقط عائدة إلى الأرض. لكن لو تسطيع قذفها بسرعة تبلغ ٤٠٠٠ كم/سا، فإنّ سرعتها، رغم تبطل الجاذبيّة، تظلّ كافية لحملها إلى الفضاء بعيدًا عن مُتناول جاذبيّة الأرض. هذه السرعة تُدعى سرعة الإفلات من جاذبيّة الأرض. وعلى الصواريخ المُصمّمة للإفلات من جاذبيّة الأرض بلوغ هذه السرعة كحدّ أدنى.

القوّة التي يُطلق بها الصاروخ بعيدًا عن الأرض يجب أن تكون أكبر من قوّة الجاذبيّة التي تشدّه نحوها.



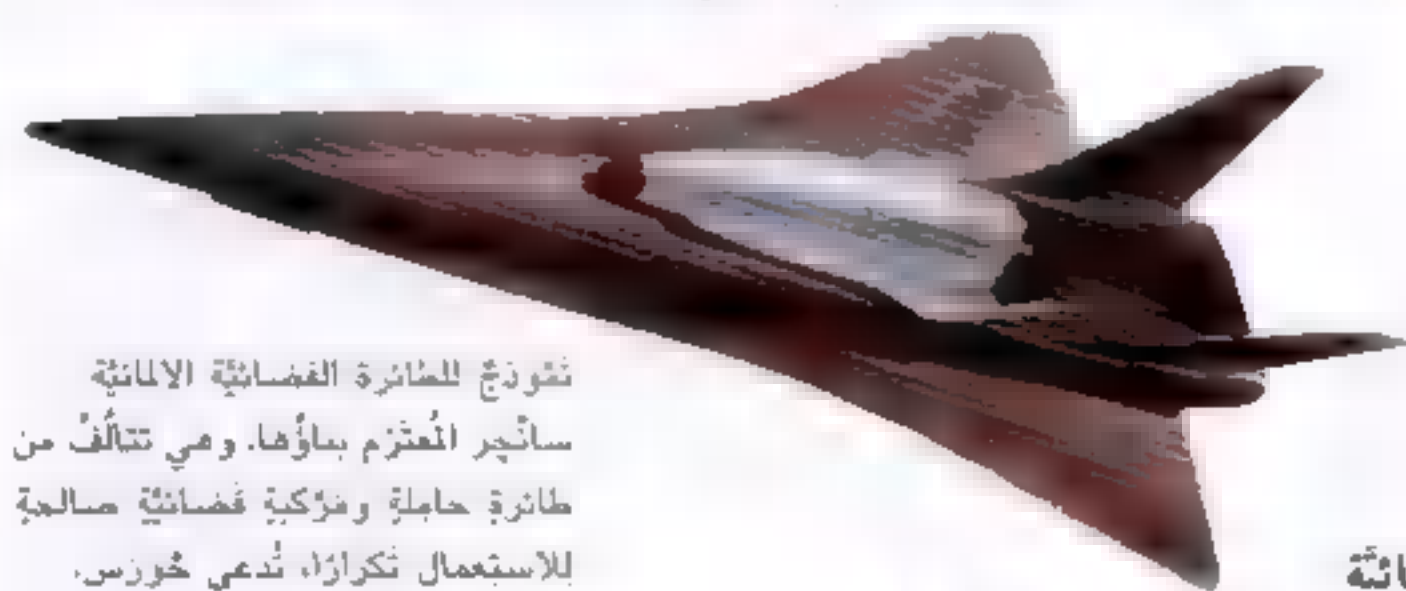
## ساترن «٥»

صُمم صاروخ ساترن «٥» فائق الضخامة والقوّة لإرسال مركبة أبولو برؤاها إلى القمر. فكان عليه ليس فقط الوصول إلى القمر، بل الهبوط بأمان على سطحه، ثمّ الإنطلاق مُجددًا للعودة إلى الأرض. وتتطلب رحلة كهذه مقادير هائلة من الوقود - علمًا أنّ الصواريخ لا تحمل وقودها في خزّان واحد، بل في عدّة حاويات طباقية تُدعى مُراحل. فما إنْ تفرغ حاوية المرحلة حتى تسقط لتقليل الحمل، وتبدأ مُحرّكات المرحلة التالية.

يتألّف وقود الصاروخ عادة من سائلين - يتفجّران استعازًا عند مزجهما وتنبجسل غازات العادم إلى الخارج غير منافثة من مؤخّرة الصاروخ، فيندفع الصاروخ قُدما بقوّة ردّ الفعل.

## أزيان

نستخدم وكالة الفضاء الأوروبية سلسلة من الصواريخ تُدعى أزيان لإطلاق سواتلها. فتوضع الحمولة - الساتل - في المُقدمة كما هي الحال في جميع صواريخ الفضاء. وكلّما ازدادت ضخامة أزيان، ازدادت إمكانيّة حمل حمولة أثقل وأثقل. ويوفّر الدسّر الإضافي اللازم بحزم صواريخ مُعزّزة إضافية حول المرحلة الأولى.



## طائرة فضائية

المُشكلة في الصواريخ المُعتمدة المُراحل أنّها تُستخدم لمرّة واحدة فقط. فعندما تساقط مراحلها تحترق في جو الأرض وتُدمّر. لذا يُحاول العلماء في بلدان كثيرة تطوير «طائرة فضائية» تُستعمل تكرارًا - فتُقلّع أفقيًا - مستخدمة الهواء لحرق وقودها (كالطائرة العادية) وهي في جو الأرض. ثمّ في الفضاء، حيث يندفع الهواء، تحرق مزيجًا من الهيدروجين السائل والأكسجين (كالصاروخ).

## لمزيد من المعلومات انظر

- الجاذبيّة ص ١٢٢
- القمر ص ٢٨٨
- التلسكوبات في الفضاء ص ٢٩٨
- السّواتل ص ٣٠٠
- السّواير الفضائية ص ٣٠١
- الإنسان في الفضاء ص ٣٠٢



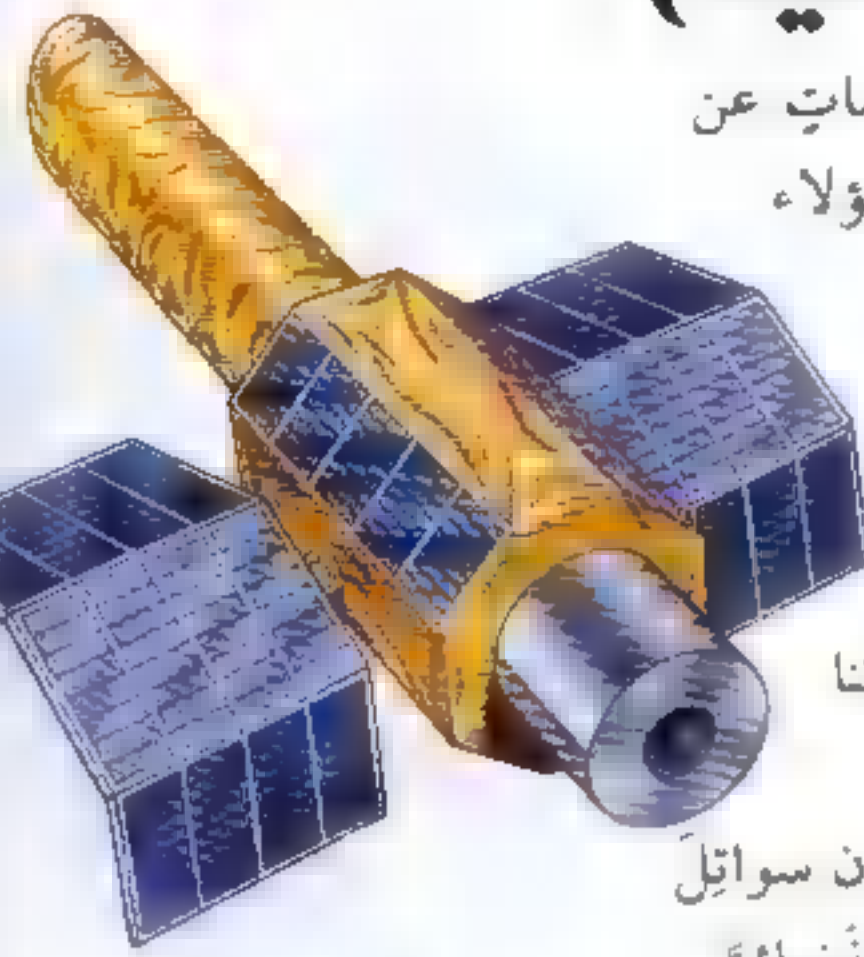
# السَّوَاتِلُ (الأقمار الصناعية)

تَصَوَّرْ أَنَّ رَقِيًّا يُطْلَقُ عَلَى الْأَرْضِ مِنْ عَلٍّ وَيُزَوِّدُنَا بِمَعْلُومَاتٍ عَنِ الطَّقْسِ أَوْ يُحَدِّدُ لَنَا مَنَاطِقَ تَوَاجَدِ الْقُرَارَاتِ الْمَعْدِنِيَّةِ. هَؤُلَاءِ الرُّقَبَاءُ أَصْبَحُوا حَقِيقَةً وَاقِعَةً الْيَوْمَ بِفَضْلِ السَّوَاتِلِ فِي مَدَارَاتِهَا مَعَ الْأَرْضِ أَوْ حَوْلِهَا. وَهَذِهِ السَّوَاتِلُ مُخْتَلِفَةٌ مُتَعَدِّدَةٌ الْأَنْوَاعِ مُصَمَّمَةٌ لِأَدَاءِ مُهِمَّاتٍ مُتَبَايِنَةٍ. فَبَعْضُهَا يُوفِّرُ لَنَا التَّوَاصُلَ التَّلْفُونِيَّ الْفَوْرِيَّ، وَبَعْضُهَا الْآخَرُ يُتَبَحَّرُ لَنَا مُرَاقِبَةً الْأَحْدَاثِ الْجَارِيَةِ فِي الْعَالَمِ عَلَى شَاشَاتِ أَجْهَرَتِنَا التَّلْفِزِيَّةِ مُبَاشَرَةً. وَالسَّوَاتِلُ الْمَلَاخِيَّةُ تُسَاعِدُ الشُّقْنَ وَالطَّائِرَاتِ فِي تَحْدِيدِ مَوَاقِعِهَا بِدِقَّةٍ؛ كَمَا يَسْتَخْدِمُ الْفَلَائِكِيُّونَ سَوَاتِلَ خَاصَّةً لِاسْتِكْشَافِ أَقْصَايِ الْكَوْنِ الْفَسِيحِ. إِنَّ الْمَجَالَ الْفَضَائِيَّ حَوْلَ الْأَرْضِ أَخَذَ يَزْخَرُ بِالسَّوَاتِلِ الْمُتَزَايِدَةِ الدَّائِرَةِ حَوْلَ الْأَرْضِ وَمَعَهَا فِي رِحْلَتِهَا عَبْرَ الْفَضَاءِ.



## إصلاح السَّوَاتِلِ

مَآذَا لَوْ طَرَأَ عَطَلٌ مَا عَلَى السَّاتِلِ فِي مَدَارِهِ؟ الْجَوَابُ يَنْلَحْظُ فِي أَنَّ إِصْلَاحَهُ مُمَكِّنٌ. فَإِذَا كَانَ الْعَطَلُ بَسِيطًا قَامَ الرُّوَادُ بِإِصْلَاحِهِ فِي الْفَضَاءِ. أَمَّا إِذَا كَانَ الْعَطَلُ أَسَاسِيًّا، فَيُعَادُ السَّاتِلُ إِلَى الْأَرْضِ حَيْثُ يُصْلَحُ وَيُعَادُ إِطْلَاقُهُ. فَفِي تَشْرِينِ الثَّانِي (نُوفَمْبَرِ) عَامِ ١٩٨٤، اسْتَعَادَ طَائِفَةُ الْمَكُونِ الْفَضَائِيَّ، دِيَشْكَفَرِي، سَاتِلَ اتِّصَالَاتٍ مُعَادِيَةً وَأَعَادُوهُ إِلَى الْأَرْضِ.



المدار اللازمركزية: الساتل المصمم لقياس مجال الأرض المغنطيسي والكهربائي يستخدم مثل هذا المدار لتسجيل القياسات على أبعاد مختلفة من الأرض.

المدار القطبي (المدار حول قطبي الأرض) سواتل رصد الطقس تدور عادة في هذا المدار حيث يمكنها مسح كامل الأرض أثناء تدويرها حول محورها.

المدار الخفيض: اينر المدارات بلوغا - حيث يدور تلسكوب هبل الفضائي ومحطة الفضاء الروسية مير.

## المدارات

يتوقف مسار الساتل حول الأرض على

المهمة المطلوبة به.  
فالمدار الأرضي الاستقراري، مثلاً، يرتفع ٨٨٠ ٣٥٠ كم فوق خط

الاستواء؛ والسَّوَاتِلُ فِي هَذَا الْمَدَارِ تُكْمِلُ دَوْرَةً وَاحِدَةً حَوْلَ الْأَرْضِ فِي الْوَقْتِ ذَاتِهِ الَّذِي تُكْمِلُ فِيهِ الْأَرْضُ دَوْرَةً وَاحِدَةً حَوْلَ مَحْوَرِهَا. وَهَكَذَا يَظَلُّ السَّاتِلُ مُسْتَقْبَرًا فَوْقَ النُّقْطَةِ ذَاتِهَا عَلَى الْأَرْضِ؛ وَهَذَا ضَرُورِيٌّ لِلْسَّوَاتِلِ التَّلْفِزِيَّةِ.

## المستكشف فوق

### البفسيجي الدولي

سَاتِلٌ فَلَكِيٌّ أُطْلِقَ عَامَ ١٩٧٨ لِدراسة الإشعاعات فوق البفسيجية الآتية من النجوم والنخربات في الفضاء. وَكَانَ يُتَوَقَّعُ لَهُ أَنْ يَشِيرَ ثَلَاثَ سَوَاتٍ فَقَطْ، لَكِنَّهُ مَا زَالَ دَائِرًا يَحْمِلُ حَتَّى الْيَوْمِ. وَيُسْتَعْرَفُ إِرسَالُ الصُّوَرَةِ مِنْهُ إِلَى إِحْدَى الْمَحْطَّاتِ الْأَرْضِيَّةِ اللَّتِي تَرَاقِبُهُ (الْأُولَى فِي أَمْرِيكَا وَالثَّانِيَةِ فِي إِسْبَانِيَا) لِنَاقِلِ دَقَاقَتِهِ.

### لزيد من المعلومات انظر

- الاتصالات البعادية ص ١٦٢
- الانعكاس ص ١٩٤
- رصد الطقس ص ٢٧٢
- التليسكوبات في الفضاء ص ٢٩٨
- الضواريخ ص ٢٩٩
- السَّوَاتِلُ الْفَضَائِيَّةُ ص ٣٠١

## طبق استقبال ساتلي

مَا إِنَّ يَنْلَحْظُ السَّاتِلَ الْفَلَكِيَّ مَدَارَهُ حَتَّى يَبْدَأَ عَمَلَهُ. تَتَعَبَّرُ الْمَحْطَّاتُ الْأَرْضِيَّةُ مُرَاقِبَةً تَحْرِكَاتِهِ وَمُعَيَدَةً تَوَجُّهِهِ عِنْدَ الضَّرُورَةِ؛ كَمَا نَسْتَقْبِلُ مِنْهُ الْمَعْلُومَاتِ وَتَعَالِيْجُهَا لِإِطْلَاقِ الْعِلْمَاءِ. وَتُجْمَعُ الْإِشَارَاتُ الَّتِي يَبْثُهَا السَّاتِلُ بِوَسْطَةِ أَطْبَاقٍ عَلَى الْأَرْضِ تُشَبِّهُ أَطْبَاقَ السَّوَاتِلِ التَّلْفِزِيَّةِ. لَكِنَّهَا أَكْبَرُ كَثِيرًا.



سبوتنيك ١ - كُرْدٌ مِنَ الْأَلومنيوم قَطْرُهَا ٥٨ سم

## سبوتنيك

وَضَعَتْ رُوسِيَا أَوَّلَ قَمَرٍ صِنَاعِيٍّ فِي مَدَارٍ حَوْلَ الْأَرْضِ فِي تَشْرِينِ الْأَوَّلِ (أَكْتُوبَرِ) عَامَ ١٩٥٧؛ فَاسْتَكْشَفَ جَوَّ الْأَرْضِ خِلَالَ فِتْرَةٍ دَوْرَانِهِ الْقَصِيرَةِ فِي الْفَضَاءِ. وَلَمْ يَمُضْ شَهْرٌ وَاحِدٌ حَتَّى أُطْلِقَ سَبُوتْنِيك ٢، وَكَانَ عَلَى مَتْنِهِ الْكَلْبَةُ لِأَيْكَا - أَوَّلُ كَائِنَةٍ خَيَّ يَزُورُ الْفَضَاءَ.



# السَّوَابِرُ الْفَضَائِيَّةُ

تُقامُ المقياسات (مقاييس)  
شِدَّةُ المجالاتِ المغنطيسيةِ على  
عمودٍ طوله ١١م لتجنُّبِ التداخلِ من  
أجهزةِ المركبةِ الرئيسيةِ.

## السَّابِرُ غَالِيلِيُو

أُطلقَ السَّابِرُ الْفَضَائِيُّ غَالِيلِيُو عام ١٩٨٩م  
وقد بلغَ المُشْتَرِي بعدَ ستِ سنواتٍ. لكنَّ  
الجزءَ الأكبرَ من المركبةِ - وهو القُرْبَةُ المداريةُ  
- سَيستغرقُ سنتينِ إضافيتينَ ليدورَ حَوْلَ الكوكبِ  
وأقماره الرئيسيةِ. وسُيُرسلُ المركبةُ سَابِرًا أصغرَ إلى  
جَوْ المُشْتَرِي لفحصه عن قُربٍ.

يبدو العاكسُ الذي قَطْرُهُ ٥ أمتارٍ  
كالمِظْلَّةِ، ويُسْتخدَمُ للاتِّصالاتِ.

تُرسلُ المعلوماتُ إلى محطاتٍ التَّتَبُّعِ في  
إسبانيا وأستراليا وكاليفورنيا،  
بِالولاياتِ المتحدةِ.

هذه الصورةُ لأوروبا، أحدُ  
أقمارِ المُشْتَرِي، كانت من بينِ  
الصُّوَرِ التي أرسلها  
فوياجيرُ إلى الأرضِ. وقد  
أظهرت تفاصيلَ لم تُشاهدُ  
من قَبْلُ مُطلقًا.

## الصُّوَرُ

توفِّرُ السَّوَابِرُ الْفَضَائِيَّةُ من  
المعلوماتِ والبياناتِ ما يقضي  
العلماءُ في تحليله جِدَّةَ سنواتٍ  
بعدَ انتهاءِ مُهمَّةِ المركبةِ  
الفضائيةِ. لقد اكتشفتِ السَّوَابِرُ  
الفضائيةُ أقمارًا للكواكبِ  
الخمسةِ الأربعةِ جميعها،  
ويؤكدُ العلماءُ أنَّه لا يزالُ هناكُ  
أقمارًا أصغرُ لمَّا تُكتشف.

يُوجدُ عشرةُ أجهزةٍ علميةٍ  
على مَنَتِ العربةِ المداريةِ  
وسِتَّةُ أخرى على السَّابِرِ.

السَّابِرُ الجَوِّيُّ سَيستخدَمُ رادارًا  
للحُطوطِ غَيْرَ غيومِ المُشْتَرِي بِطَبَقِ.

تعملُ المُنشأةُ منظومةُ  
الكاميرات التي يُتَوَقَّعُ  
أنْ تبعثَ أوضحَ  
صُورٍ شوهدت  
للمُشْتَرِي حتى جِئنا.

تُزِنُ عربةُ غَالِيلِيُو المداريةُ  
٢٢٢٢ كغ؛ يُولَّفُ القَوَدُ  
حوالي نصفِ هذا الوزنِ.

سَيجري غَالِيلِيُو تجاربَ لاكثرَ من  
١٠٠ عالمٍ في سِتَّةِ بُلدانٍ مُختلفةٍ.

## سَابِرَا فُويَاجيرِ

أُطلقَ السَّابِرَانِ الْفَضَائِيَّانِ الثَّوَامَانِ فُويَاجيرِ ١٠ و ٢٠ عام ١٩٧٧ في مُهمَّةٍ  
مُحدَّدةٍ هي استكشافُ المزيدِ عن طبيعةِ الكواكبِ الخمسةِ الغازيةِ الأربعةِ.  
وقد مرَّ كلاهما على مَقَرَبَةٍ من  
المُشْتَرِي ودُخِلَ،  
ثمَّ تابعَ  
فوياجيرِ ٢٠ رحلتهِ مُتَفَرِّدًا  
نحو أورانوس ونبتون،  
وكان على مَنَتِ كُلِّ  
منهما ١١ جهازًا، من  
بينها كاميرا تانٍ تلفزيونيَّتان.

تُتابعُ العربةُ المداريةُ  
مَسَارَها حَوْلَ الكوكبِ.

عربةُ فَايَكِنغِ المداريةُ  
وعربةُ الهُيُوطِ تنفصلان.

## سَابِرَا فَايَكِنغِ

تستطيعُ السَّوَابِرُ الْفَضَائِيَّةُ الدَّورانَ حَوْلَ الكوكبِ،  
كما تستطيعُ إزَالَةَ عربةٍ مُهَيَّوطةٍ على سَطْحِهِ.  
فخلالَ السَّنِينَ والسَّبْعِينِيَّاتِ من القرنِ العشرينِ  
أُطلقَ الأمريكيُّونَ والرُّوسُ، كِلَاهُمَا، سَوَابِرَ  
فضائيةٍ دارَتْ حَوْلَ المَرِيخِ وعُطِّلَتْ عليه. وقد  
وضَعَ السَّابِرَانِ فَايَكِنغِ ١٠ و ٢٠ بنجاحٍ عربيَّ  
مُهَيَّوطةٍ على المَرِيخِ في شهرَيِ تموزِ وأيلولِ من  
عام ١٩٧٦. فأرسلتا كِلَتاهُمَا إلى الأرضِ ما  
مجموعُهُ حوالي ٣٠٠٠ صورةٍ. وقد أجرتا  
تَحَالِيلَ لِثَرِيَّةِ المَرِيخِ وسَجَّلتا قياساتٍ لأحوالهِ  
الجويَّةِ - كما تَقَدَّنا اختيارياً إمكانيةً وُجُودِ  
الحياةِ عليه.

عربةُ الهُيُوطِ  
تتخوَّزُ من  
الباراشوتِ.

عربةُ الهُيُوطِ تُحطُّ  
على سَطْحِ المَرِيخِ

## لِمزيدِ من المعلوماتِ أنظُرْ

الرُّبُوطاتُ ص ١٧٦  
النُّظَامُ الشَّمْسِيُّ ص ٢٨٣  
الشَّمْسُ ص ٢٨٤  
التَّلِسْكَوباتُ على الأرضِ ص ٢٩٧  
التَّلِسْكَوباتُ في الْفَضَاءِ ص ٢٩٨  
السَّوَابِرُ (الأقمار الصناعية) ص ٣٠٠

فوياجيرِ ١٠  
قاربُ دُخُلِ في  
نوفمبرِ عام ١٩٨٠  
يستطيعُ العلماءُ  
استخدامَ جاذبيةِ  
الكواكبِ لِتُوجِيهِ  
السَّابِرَ الْفَضَائِيَّ  
نحو هدفِهِ.

فوياجيرِ ٢٠  
قاربُ دُخُلِ في  
أغسطسِ عام ١٩٨١

فوياجيرِ ٢٠  
قاربُ أورانوسِ  
في يناير عام ١٩٨٦

فوياجيرِ ٢٠  
قاربُ نِبْتُونِ  
في أغسطسِ  
عام ١٩٨٩



# الإنسان في الفضاء

كان السَّقَرُ عِبْرَ الفضاءِ حُلْمَ الإنسان على مدى قُرُونٍ خَلَّتْ، ولم يُصْبِحْ هذا الحُلْمُ واقعًا إلَّا عام ١٩٦١ عندما انطلق رائد الفضاء الروسي، يوري غاغارين، إلى الفضاء ودارَ حَوْلَ الأرض. وتوالى مُنذَئذِ انطلاقُ العديد من الرجال والنساء إلى الفضاء بعضهم يقضي فيه بضعة أيام وبعضهم يبقى عدَّةَ شهورٍ في كُلِّ مرَّة. لكنَّ يَظُلَّ الفضاء بيئةً عدائيَّةً خطيرةً يحتاج فيها الإنسان إلى بَرَّةٍ فضائيَّةٍ لحمايته ولتوفير الهواءِ لِنَفْسِهِ. وإذا قُدِّرَ لِلإنسان أن يعيش ويعمل في الفضاء طويلاً وأن يهيَّطَ على المَريخ في القرن الحادي والعشرين فينبغي لنا تعرُّفُ كُلِّ ما نستطيعه عن الآثار التي تُخلِّقها أسفارُ الفضاء الطويلة الأجل.



## المرأة في الفضاء

خيمت الولايات المتحدة وما كان يُدعى الاتحاد السوفياتي على مختلف أنشطة ريادة الفضاء خلال العقدَيْنِ الأوَّليْن من عصر استكشاف الفضاء. ففي العام ١٩٦٣، أصبحت رائدة الفضاء الروسية، فالنينا تيرشكوف، أوَّل امرأة تطلق إلى الفضاء.

## الرِّيُّ الفضائي

كان الرُّوَّاد الأوائل يرتدون بَرَّةً فضائيَّةً واحدةً للرحلة. أمَّا اليوم، فهم يرتدون ملابس تختلف باختلاف ما يقومون به من مهمَّات. فهناك بَرَّةٌ للسَّفر ذهابًا وإيابًا إلى الفضاء، وملابسٌ عاديَّةٌ مُصمَّمةٌ خصيصًا للارتداء داخل المركبة الفضائيَّة، وهي في مدارها. وإذا اضطرَّ الرائدُ للعمل خارج مركبته فهو يرتدي بَرَّةً تُدعى وحدة الحركة خارج المركبة، يُحرمُ فوقها وحدة مُناورة مَاهولة تُمكنه من التحرك بالدفع النافوري حَوْلَ مركبته.

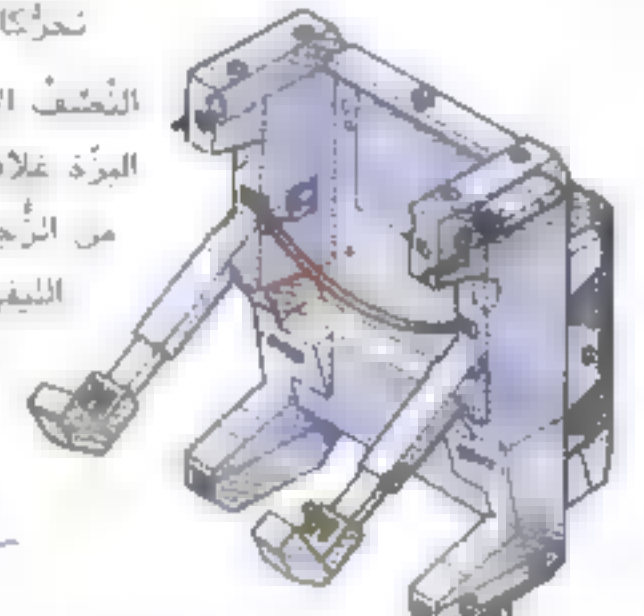
نحت الخوذة فلتشوة تحوي سناعاتي  
راس ومكروفونات للاتصال  
بالأرض وبالرواد في  
المركبة.

فوق الخوذة أصواتُ تمكُّن  
الرائد من الرؤية جيِّداً



على كتف الرائد كاميرا  
لتلقظ الصور خلال  
تحركاته.

النُصف الأعلى من  
البَرَّة غلافٌ صلبٌ  
من الزجاج  
الليفني.



## وحدة مُناورة مَاهولة

هذه الوحدة خُليقت من جعبةٍ ظهريَّةٍ وتُرسى وهي تُعمل بالشر وجس ويمكن إعادة نسخها من المركبة الفضائيَّة. يتحكَّم الرائد بوحدة المُناورة هذه من مستدي الذراعين، وكان الرائد الأمريكي، بروس ماكاندلس أوَّل من استخدمها في سَباط (فبراير) عام ١٩٨٤.

يرتدي رائد الفضاء كساة تحميها  
مُجهَّزاً بأنابيب تزييد مائيَّة.



## سالي رايد

كان الرُّوَّاد الأمريكيون  
كُلُّهم من الذكور حتى  
العام ١٩٨٣. وعند  
استحداث برنامج  
المُكوك الفضائي في

السبعينيَّات من القرن العشرين،  
سُبح لكلا الرجال والنساء التقدُّم  
بطلبات الانسحاب كروَّاد فضاء. وفي العام  
١٩٨٣، أصبحت سالي رايد (المولودة عام  
١٩٥١) أوَّل امرأة أمريكيَّة ترتاد الفضاء. وهنالك  
حاليًا العديد من رائدات الفضاء الأخريات.

تُنفذ البُرَّات الفضائيَّة وتُحقَّق بعد  
العودة إلى الأرض لتكون جاهزة لرحلة  
أخرى. ويُفترض بقاء البَرَّة صالحة  
للاستخدام حوالي ٨ سنوات.

في ٢٠ نمر (يوليو) عام  
١٩٦٩، أصبح بيل  
أرمسترونغ أوَّل إنسانٍ  
تطأ قدماه سطح القمر؛  
ثمَّ لحق به زميله بَرُّ  
الذرين بعد ١٩ دقيقة.

توفَّر البُرَّات  
الفضائيَّة أُنسجبت  
نقلاً ١٠٠ / للتنفُّس.

تحت البَرَّة سيطرة لجميع البوَّال  
تُفرَّغ عند الرجوع إلى المركبة.

## البعثات القمرية

أواخر الخمسينيَّات من القرن العشرين، كان التافُّس شديداً  
للمسيطرة على انفضاء بَرَّسالي بشر إليه - فكانت بداية عصر  
الفضاء. في العام ١٩٦١، تعهَّد الأمريكيون بإرسال إنسانٍ على  
سطح القمر بنهاية العقد، وهكذا كان. ففي العام ١٩٦٩، أصبح  
بيل أرمسترونغ أوَّل رجلٍ يمشي على سطح القمر. وبين ١٩٦٩  
و ١٩٧٢، كانت الحركة ناشطةً إلى القمر ومنه، وقد قضى  
الرُّوَّاد خلال تلك الفترة ما يُقارب ٨٠ ساعةً على سطحه.





## العيش في الفضاء

تغير السفر غير الفضاء اليوم عنه أيام يوري غاغارين - فغدا الرواد، والعربة الفضائية في مدارها، يرتدون ثياباً عادية ويأكلون وجباتهم المفضلة. وهم في غير أوقات العمل، يسترخون لسماع الموسيقى المسجلة أو لقراءة كتاب مفضل أو يقومون بالأعمال المنزلية، مداورة. غير أن كل ذلك يتم في حالة انعدام الوزن، وفي هذه الحالة تتخاذل العظام والعضلات (لذا يتوجب على الرواد ممارسة تمارينهم الرياضية يومياً). وقد لوحظت زوايا تأثيرات انعدام الوزن على الجسم البشري بعد عودة الرواد إلى الأرض؛ لكن العلماء ما زالوا يرقبون تلك التأثيرات كلما قضى الرواد فترات أطول فأطول في الفضاء.



## مراقبة الرواد

في آذار (مارس) عام ١٩٩٢، عاد رائد الفضاء الروسي سيرجي كريكاليف إلى الأرض بعد أن قضى ٢١٣ يوماً في الفضاء. وقد أخضع لفحص طبي دقيق فور عودته. والمعلوم أن الرائد قد يعاني تباطؤاً في نبضات القلب ودواراً خلال رحلته الفضائية.

سيرجي كريكاليف

يرتشف الرواد الشوائب بقشاش الشرب، لكنهم يتناولون الوجبات الخفيفة كالشوكولاتة والمكسرات بطريقة عادية. وتسخن وجباتهم في فرن قبل وضعها في صواني خاصة تمنع ملوثها أثناء الأكل.

مع حركة الدوران المستمر في الفضاء، قد يُحس رائد الفضاء بالغثايز والدوار.



في الفضاء، يصعب التحكم في الشوائب. لاحظ (في الصورة) تكوّن الماء في كتلة طافية.

## انعدام الوزن

شد جاذبية الأرض المستمر على أجسادنا يُكسبنا وزناً. لكنك في مضعد هابط بسرعة نجس بأنك أخف وزناً. وهذه الظاهرة تُصنّف في مركبة فضائية هابطة في مجال ثقالي، إذ يهوي الرواد في داخلها بالسرعة نفسها فتتعدّم أوزانهم. وتُجرى التجارب على الحيوانات والنبات في الفضاء لدراسة تأثيرات انعدام الوزن عليها؛ كما تُجرى تجارب علمية مُعيّنة، لا يمكن إجراؤها على الأرض.



مُعظم الإمداد مبرّد الماء - فما على الرائد سوى إضافة بعض الماء قبل الأكل. وبعض المأكولات الأخرى محفوظة في غلب من الضفيع أو في أكياس لدائنة كما هي الحال على الأرض. أما الطعام الطازج فقد يُتاج فقط في بداية الرحلة.

## المكوك الفضائي

كان الرواد الأوائل يُرسلون إلى الفضاء داخل كسولات صغيرة تُوضع في مقدمة الصواريخ، ثم يعودون بها إلى الأرض غطاً في البحر. فكانت تلك البعثات الفضائية باهظة التكلفة إذ لا يمكن استخدام الصاروخ إلا مرة واحدة. أما اليوم فيرّاد الرواد الأمريكيون الفضاء بواسطة المكوك الفضائي، الذي يمكن إعادة استخدام أجزائه الرئيسية - كالعربة المدارية الفضائية والصواريخ المُعرّدة. وتعود العربة المدارية كالمطارة إلى الأرض، ويمكن استخدامها تكراراً.



بعد الهبوط، تُجهز العربة بخزانات وقود جديدة إعداداً للإطلاق التالي.

توقّف العربة المدارية مستغومتها من المكايح.



## مهام المكوك الفضائي

المكوك الفضائي مُنعد للاستعمالات؛ فيمكن استخدامه في إطلاق الشوائب وصيانتها أو إعادة إلى الأرض. كذلك يمكن استخدام المكوك كمختبر فضائي، أو في نقل قطع المخططات الفضائية ليتم تركيبها في الفضاء. وتستغرق البعث المكوكية حوالي سبعة أيام؛ وقد يبلغ طاقمها من الرواد ثمانية.

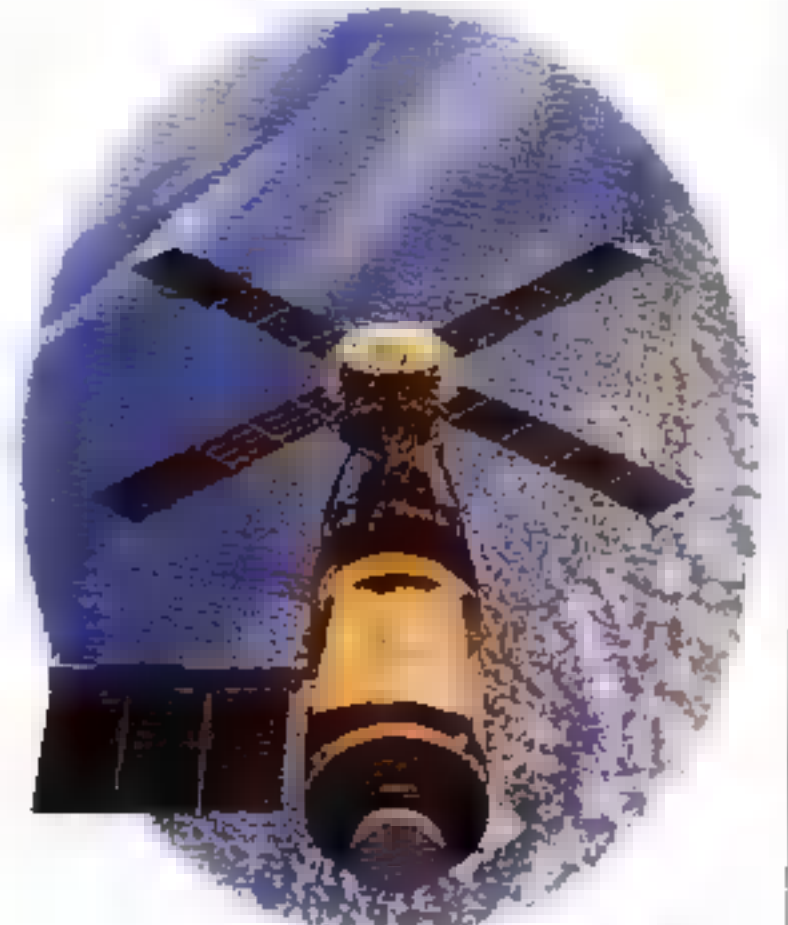
## لمزيد من المعلومات انظر

- الجاذبية ص ١٢٢
- النظام الشمسي ص ٢٨٣
- الصواريخ ص ٢٩٩
- الشوائب (الأقمار الصناعية) ص ٣٠٠
- الشوائب الفضائية ص ٣٠١
- المحطات الفضائية ص ٣٠٤



# المحطات الفضائية

لم تعد الرحلات الفضائية تقتصر على إقامة عابرة، فباستطاعة رواد الفضاء اليوم المكوث في محطة فضائية، تدور حول الأرض كساتل كبير، مؤهلة لعيش الرواد والعمل على متنها، كبيت ومكتب، لفترة تمتد أسابيع وشهوراً. وستستخدم المحطات الفضائية مستقبلاً كفندق يعرج عليه الرواد قبل متابعة سفرهم عبر النظام الشمسي أو قبل العودة منه إلى الأرض. وهي أيضاً مهمة إذ يمكن، على متنها، إجراء التجارب في ظروف الجاذبية الصغرى (شبه انعدام الوزن) بإشراف علماء لا مكنات - كما يستطيع الرواد إجراء التجارب على أنفسهم لاختبار سبل ومدى اصطلاح الجسم البشري بأعباء العيش في الفضاء.

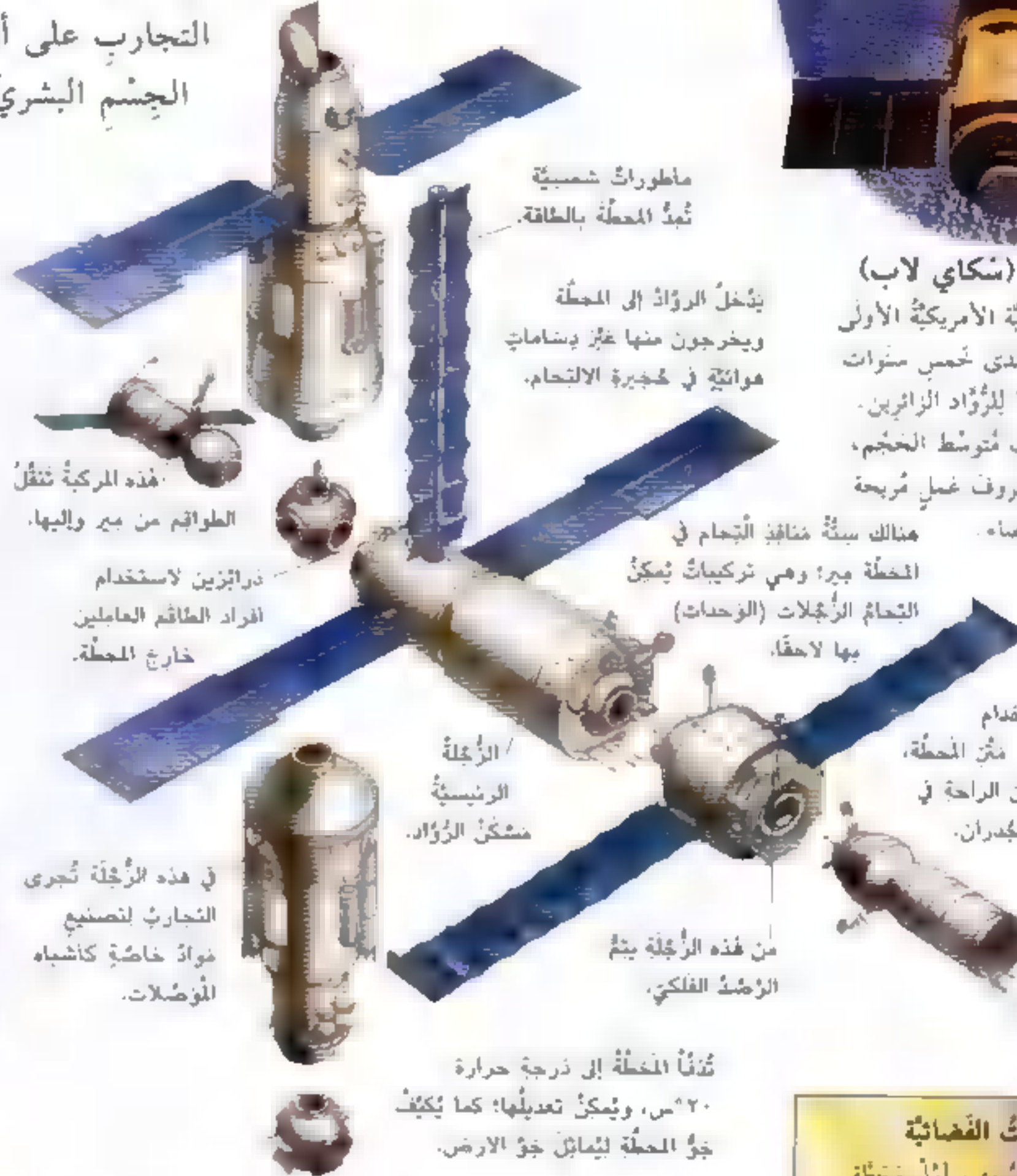


## المختبر الفضائي (سكاي لاب)

طلبت المحطة الفضائية الأمريكية الأولى «سكاي لاب» على مدى خمس سنوات (١٩٧٣-١٩٧٨) تزيلاً للرواد الزائرين. وهي باتساعها، كبيت متوسط الحجم، وفرت للرواد بيئة وظروف عمل مريحة للمرة الأولى في الفضاء.

يحافظ الرواد على لياقتهم البدنية باستخدام المعدات الرياضية على متن المحطة، ويأخذون قسطهم من الراحة في اكياس نوم مثبتة بالجدران.

هذه الرقعة تثقل المواد بين مير والأرض.



ماتورات شمسية تمتد المحطة بالطاقة.

يدخل الرواد إلى المحطة ويخرجون منها عبر دشامات هوائية في حجرة الالتحام.

هناك بيئة متنافذ الالتحام في المحطة مير؛ وهي تركيبات يمكن الالتحام الرقعات (الوحدات) بها لاحقاً.

من هذه الرقعة يتم الرصد الفلكي.

الرقعة الرئيسية مشكل الرواد.

هذه المركبة تنقل الطواقم من مير واليه.

ذراتين لاستخدام أفراد الطاقم العاملين خارج المحطة.

في هذه الرقعة تجري التجارب لتصنيع مواد خاصة كاشباه الموصلات.

تدفع المحطة إلى درجة حرارة ٢٠°س، ويمكن تعديلها؛ كما يكتف جو المحطة ليمائل جو الأرض.

ستعيش الطواقم وتعمل في المحطة الحرة (فريدم) مدداً تتراوح بين ثلاثة وستة أشهر في كل مرة.

مجسات خاصة ستُرسل صوفاً للأرض للتفتي عن احوال الطقس.

الماء المستخدم على متن المحطة سيعاد تدويره للاستخدام ثانية.

الماتورات الشمسية ستجمع ضوء الشمس ليصار تحويله إلى طاقة كهربائية.

## الحرة (فريدم)

تخطط الولايات المتحدة لإطلاق محطة فضائية تدعى فريدم؛ على أن ينقل المكوك الفضائي قطعها إلى الفضاء قطعة قطعة، ثم يقوم الرواد بتجميعها. وستكون المحطة المجهزة أطول من ملعب كرة القدم، وستولى شؤونها طاقم دائم من ستة رواد.

على علو ٤٨٠ كم، ستدور المحطة الفضائية فريدم مرة حول الأرض كل ٩٠ دقيقة.



## التجارب

علماء الكيمياء والبيولوجية والفيزياء سيفيدون من وجود مختبر لهم في الفضاء يتمكنون فيه من إجراء التجارب في ظروف الجاذبية الصغرى حيث يمكنهم معالجة بعض المواد (كالمعاقير أو المغومات الكهربائية) وإنتاجها بمستوى من النقاوة لا يتوفر على الأرض.

## لمزيد من المعلومات انظر

- الجاذبية ص ١٢٢
- السواتل (الأقمار الصناعية) ص ٣٠٠
- السواير الفضائية ص ٣٠١
- الإنسان في الفضاء ص ٣٠٢

## المحطات الفضائية

١٩٧١ أطلقت ساليوت، أول محطة فضائية روسية.

١٩٧٣ أطلقت سكاي لاب، أول محطة فضائية أمريكية.

١٩٨٠ سكاي لاب تعود إلى جو الأرض.

١٩٨٤ أطلق سبيس لاب، أول مختبر ساتي مصمم لهذا الغرض.

١٩٨٤ أطلقت مير، أكبر محطة فضائية، بيكونفرد، في روسيا.

١٩٨٧ رائد الفضاء الروسي يوري بونينكو يعود من مير إلى الأرض بعد حيله رقفاً قباباً للمكوث في الفضاء.

٣٤ يوماً.

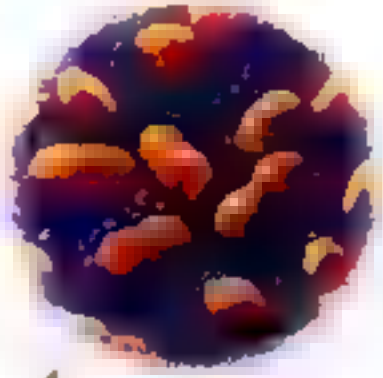
شعيرة لشوايط شمس الثقلت من المحطة الفضائية نيكاي.



# الكائنات الحيّة

الكائنات الحيّة حوَالِيكَ فِي كُلِّ مَكَانٍ تَقْرِيْبًا. فَتَنَاتُهُ خُبْرٌ قَدْ تَحْمِلُ قُطْرًا دَقِيقًا، وَمِلْعَقَةً مِنْ مَاءِ النهر قَدْ تُؤْوِي أَشْكَالًا مُتَعَدِّدَةً مِنَ الْآحْيَاءِ الْمِجْهَرِيَّةِ الْمُخْتَلِفَةِ. تَنْتَشِرُ الْكَائِنَاتُ الْحَيَّةُ عَبْرَ مَنَاطِقٍ شَاسِعَةٍ مِنَ الْيَابَسَةِ وَفِي الْمَحِيطَاتِ بَيْنَهَا. حَتَّى فِي أَشَدِّ الْأَصْقَاعِ قَسْوَةً، كَالصَّحَارَى الْجَافَّةِ اللَّاهِيَةِ أَوْ قِمَمِ الْجِبَالِ الْقَارِسَةِ الْمُتَجَمِّدَةِ، تَوْجَدُ بَعْضُ أَشْكَالِ الْحَيَاةِ وَتَتَكَاثَرُ. عِلْمُ الْآحْيَاءِ (الْبَيُولُوجِيَّة) هُوَ عِلْمُ الْكَائِنَاتِ الْحَيَّةِ، نَبَاتَاتٍ وَحَيَوَانَاتٍ - الْمِجْهَرِيَّةِ مِنْهَا وَالْفَائِقِ الْحَجْمِ الْأَضْحَمِ مِمَّا بَكْثِيرٍ. يَدْرُسُ الْبَيُولُوجِيُّونَ الْكَائِنَاتِ الْحَيَّةَ لِيَكْتَشِفُوا كَيْفَ تَعْمَلُ وَكَيْفَ تَتَرَابَّطُ مَعًا فِي نَمِطِ الْحَيَاةِ الْمُعَقَّدِ عَلَى الْأَرْضِ.

بكتيريا (جراثيم)



فطر



سرخس



خنفساء



ضفدع



## المتعضيات والأنواع

فِي مُصْطَلَحِ الْبَيُولُوجِيَّةِ، الْمُتَعَضِّي هُوَ أَيُّ شَيْءٍ حَيٍّ. فَالْجُرْنُومُ وَالْبَشَّةُ وَالْخَشَرَةُ، كَمَا الْكَائِنُ الْبَشَرِيُّ، كُلُّهَا مُتَعَضِّياتٌ. وَالتَّوَعُّ مُصْطَلَحٌ آخَرٌ يُسْتَعْمَلُ عَادَةً فِي عِلْمِ الْآحْيَاءِ - بِمَعْنَى مَجْمُوعَةٍ مِنَ الْمُتَعَضِّياتِ تَسْتَطِيعُ التَّوَالِدَ فِيمَا بَيْنَهَا كَالْأَسْوَدِ أَوْ النَّعَامِ. فَالْمُتَعَضِّياتُ الْوَارِدَةُ أَعْلَاهُ تَنْتَشِرُ إِلَى أَنْوَاعٍ مُخْتَلِفَةٍ، كُلٌّ مِنْهَا يَسْتَطِيعُ التَّوَالِدَ (التَّشَابُلُ) مَعَ أَفْرَادٍ مِنْ بَوْعِهِ فَقَطْ، وَلَيْسَ مَعَ أَفْرَادِ أَيِّ نَوْعٍ آخَرَ. وَالْمُتَعَضِّياتُ تَعِيشُ فِي الْعَالَمِ مُنْفَصِلَةً، لَكِنْ أَحْيَانًا يَعْشَى أَفْرَادُ النَّوْعِ الْوَاحِدِ وَفِيهِ التَّرَابُّطُ مَعًا فِي مُسْتَعْمَرَةٍ (كَمَجْمَاعَةٍ كَبِيرَةٍ).



بشارت (فراشات ليلية) من الفصيلة الزكيتيدي

## كيف يعمل علماء الأحياء؟

خِلَالِ الْقُرُونِ الْتَّاسِعِ عَشَرَ، كَانَ الْعُلَمَاءُ عَالِمًا يَدْرُسُونَ الْحَيَوَانَاتِ بَعْدَ قَلِيلٍ وَنَجْمِيهَا. فَالْفَرَاشَاتُ أَعْلَاهُ هِيَ جُرَّةٌ مِنْ مَجْمُوعَةٍ نَسُودَجِيَّةٍ فِي مُتَحَفٍ تَحْوِي أَلْفَ الْعَبَاتِ. إِنْ نَجْمِجَ الْكَائِنَاتِ الْحَيَّةِ قَدْ يُوقَرُ مَعْنُومَاتٌ مُبِيدَةٌ، لَكِنَّهُ يُلْحَقُ ضَرَرًا بِالْعَالَمِ الْوَاحِدِ. وَحَيْثُ إِنَّ عُلَمَاءَ الْآحْيَاءِ حَالِيًا، هُمْ أَكْثَرُ إِدْرَاقًا لِمُتَعَضِّياتِ الْبَيْتَةِ، فَهُمْ يَفْضُلُونَ وَقْتُ أَطْوَلٍ فِي دِرَاسَةِ الْحَيَوَانَاتِ فِي مَوَاطِنِهَا الطَّبِيعِيَّةِ فَيَتَعَرَّفُونَ الْحَيَوَانَاتِ دُونَ إِبْدَانِهِ أَوْ تَغْيِيرِ سُلُوكِهَا الطَّبِيعِيِّ.



## اكتشاف الطبيعة

كَانَ الْعَالِمُ الطَّبِيعِيُّ الْإِنْكَلِيزِيُّ، هِنْرِي بِيش (١٨٢٥-١٨٩٢)، مِنْ أَوَّلِ الْعُلَمَاءِ الْأَوْروْبِيِّينَ الَّذِينَ تَفَقَّهُوا الْحَيَاةَ الْبَرِّيَّةَ فِي غَايَاتِ الْأَمَازُونِ الطَّبِيعَةِ فِي أَمْرِيكََا الْبَشْرِيَّةِ. وَقَدْ جَمَعَ الْكَثِيرَ مِنَ الْأَنْوَاعِ الْجَدِيدَةِ وَدَرَسَ سَبُلَ تَأَقُّبِهَا لِلْبَقَاءِ. وَلَا يَرَى الْعُلَمَاءُ الْيَوْمَ يَكْتَشِفُونَ أَنْوَاعًا جَدِيدَةً. لَكِنْ فِي الْوَقْتِ نَقْبِهِ، هُنَاكَ أَنْوَاعٌ عَدِيدَةٌ أَجْدَدُ بِالْإِنْقِرَاضِ، بِسَبَبِ مَا يُلْحِقُهُ الْإِنْسَانُ مِنْ ضَرَرٍ بِالْبَيْتَةِ الطَّبِيعِيَّةِ.



## الحياة الخفية

مَعَ أَنَّ هَذِهِ الْبَشَّةَ تَبْدُو عَدِيمَةَ الْحَيَاةِ، فَهِيَ فِي الْأَوَاقِعِ حَيَّةٌ تَنْمُو وَتَتَكَاثَرُ. فَالضَّخْمَةُ الْحَيَّةُ (الْيُوتِسُ أَوْ كَامِي) كَمَا تُسَمَّى هَذِهِ الْبَشَّةُ، تَنْمُو فِي الْمَنَاطِقِ الْجَافَّةِ مِنَ الْإِفْرِيقَةِ الْجَنُوبِيَّةِ، وَهِيَ تَبْقَى مُنْشَرَّةً مُمَوَّهَةً مُعْظَمَ أَيَّامِ الشَّهْرِ، لَكِنَّهَا فِي مَوْسَمِ التَّكَاثُرِ تُنْبِتُ أَزْهَارًا، زَاهِيَةً اللَّوْنِ، تَجْتَذِبُ الْخَشَرَاتِ لِتَقْلُ غُبَارَ الْقَلْعِ مِنَ بَشَّةٍ إِلَى أُخْرَى وَبَعْدَ التَّلْقِيحِ تُنْجِبُ الْبَشَّةَ بُرُورًا.

## فريديريخ وهلر

جَمِيعُ الْكَائِنَاتِ الْحَيَّةِ تَحْوِي مُرَكِّبَاتٍ كَرْبُونِيَّةً. وَقَدْ ظَلَّ مُعْظَمُ الْعُلَمَاءِ حَتَّى الْقُرُونِ الْتَّاسِعِ عَشَرَ يَعْتَقِدُونَ أَنَّ الْمُرَكِّبَاتِ الْكَرْبُونِيَّةَ فِي الْكَائِنَاتِ الْحَيَّةِ مُخْتَلِفَةٌ غَضَوِيًّا عَنْ تِلْكَ اللَّاعْضُويَّةِ الْمُتَوَاجِدَةِ فِي الْكَائِنَاتِ غَيْرِ الْحَيَّةِ. لَكِنْ فِي عَامِ ١٨٢٨، دَحَضَ الْكِيمَاوِيُّ الْأَلْمَانِيُّ، فَرِيدْرِخُ وَهْلَرُ (١٨٠٠-١٨٨٢)، هَذِهِ الْفِكْرَةَ الَّتِي كَانَتْ تُعْرَفُ بِالْقَاعِلِيَّةِ الْحَيَوِيَّةِ، عِنْدَمَا خَضَرَ الْيُورِيَا، الْمُرَكَّبَ الْكَرْبُونِيَّ الْبَوْلِيَّ فِي الْحَيَوَانِ، مِنْ مُرَكَّبٍ يَتَوَاجَدُ فَقَطْ فِي الْمَاءِ اللَّاعْضُويَّةِ (غَيْرِ الْحَيَّةِ).





# من خصائص الحياة

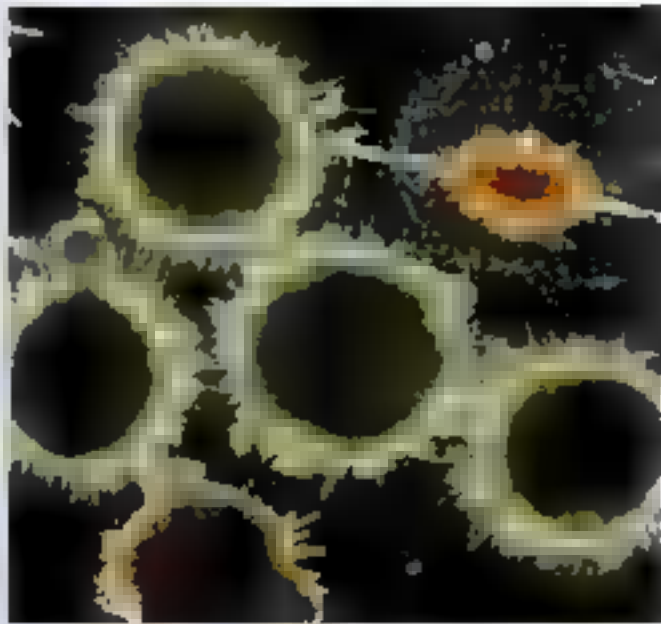
توجد الكائنات الحيّة في أشكالٍ وحجومٍ كثيرةٍ مُختلفة، تتراوح بين أشجارٍ يزيد ارتفاعها على علو مبنى من ٢٠ دوراً، وبين بكتيريا أدق من أن ترى بالعين المجردة. تقضي النباتات حياتها مُستقرّة في الموقع نفسه، لكنّ معظم الحيوانات تجول مسافات شاسعة عبر الهواء أو على اليابسة أو في البحار. ورغم هذه الفوارق، تميّز أشكال الحياة جميعها ببعض الخصائص المهمّة - فكلّها تغتذي بموادٍ أوليّة، إمّا كنوع من الطعام أو كموادٍ أبسط تركيباً. وكلّها تستخدم التفاعلات الكيماويّة لاستخلاص الطاقة من هذه المواد؛ وكلّها تنتج فضلات في هذه التفاعلات. والطاقة التي تحصل عليها هذه الكائنات تُمكنها من النمو والتناسل والاستجابة لمؤثرات البيئة من حولها.



## الحياة النباتيّة

النباتات مُستقرّة في مواقعها، لكنّها حيّة كسائر الكائنات الحيّة. فشجرة البلوط، مثلاً، تستمدّ الطاقة من ضوء الشمس، وتُخلّق بها غذاء تستخدمه في النمو والتكاثر. ومع أنّ الشجرة عديمة أعضاء الجسّد الخاصّة، فإنّها قادرة على استجابة الضوء والاستجابة له.

التفاعلات الكيماويّة داخل جسد الفأرة تُوفّر لها طاقة التحرك والدفع.



## الحياة الموائقيّة

معظم أشكال الحياة أصغر حجماً من البشر بكثير. هذه المعضيات الموائقيّة الدقيقة تُعرف مع التيارات في غرض البحر. ورغم أنّ المعضي الواحد منها بالغ الصغر وضآلة الوزن فإنّ ورنها مُجتمعَة يُقدّر بـ ١٠ بلايين الأطنان.

## مكثّة عديمة الحياة

تتصرّف الروبوتات أحياناً كأنّها حيّة، لكنّها في الواقع مكثّات مُعقّدة لا حياة فيها. صحيح أنها تستطيع استخدام الطاقة للتحرك، لكنّ الروبوت لا يستطيع الحصول على تلك الطاقة ذاتياً - بل يعتمد على الإنسان لتوفيرها له. كذلك فإنّ الروبوت لا ينمو ولا يتوالّد، وهو بدون صيانة مُنظمة، مألّه إلى البلى والتفكك.

شكل

الروبوت

ثابت - لا

ينمو ولا

يتطوّر دون

عمل

الإنسان.

## لمزيد من المعلومات انظر

الخلق الضوئي ص ٣٤٠

الغذاء ص ٣٤٢

التنفس الخلوي ص ٣٤٦

البيئة الباطنية في الأحياء ص ٣٥٠

النمو ومراحله ص ٣٦٢

التكاثر اللاجنسي ص ٣٦٦

التناسل الجنسي ص ٣٦٧



تستخدم صفاً الفئران طاقة الطعام ومغذيات لتستطيع.

إنشاء التنفس، تأخذ الفأرة الأكسجين وتزفّر ثاني أكسيد الكربون كمادّة فصلانيّة.

تستخدم الفأرة الأنسج طاقة الطعام ومغذيات (المواد الأولية) لإنتاج البروتين لصغارها.

## خصائص الحياة

المهمّة اليومية المُليحة لدى هذه الفئران هي إيجاد الغذاء لتزويد أجسادها بالطاقة. وهي تستخدم حواسها لتقضي ما يمكنها أنْه واجتباب الخطر. يتأكسد الطعام في خلايا جسد الفأرة فتُحطّل على الطاقة، وينتج ثاني أكسيد الكربون كمنتج فضلاتي. وتفيد الفأرة من المغذيات في الطعام لبناء خلايا وأجزاء جسديّة جديدة. وفي غضون ستة أسابيع من ولادتها تبلغ الفأرة مرحلة النضج والتكاثر.

## نظام من الشواش

يرتخي نابض الدّميّة تدريجياً، فينبغي إعادة شدّه بتدوير مفتاحه. وقد تضدّ الدّميّة أو تنكسر بعد بضعة سنوات. فهذا من طبيعة الكائنات اللاحيّة. أمّا الكائنات الحيّة فتعمل بطريقة مُختلفة - فهي تأخذ الطاقة وتستخدمها في بناء بُنى مُعقّدة كـ الخلايا والمخار. وهذه القدرة على خلق نظام مُعيّن من شواش خاصّة فريدة تميّز بها الكائنات الحيّة، وهي تفقدّها طبعاً بالموت.

هذه الصدفّة كانت بيتاً لثوتي صدقي - وهو حيوان بحريّ من الرخويات، فمع نمو الحيوان تتنامى محارّه أيضاً بهفراره الكالسيوم؛ وهذا يتلوّز تدريجاً لتكوين صدفة جديدة.

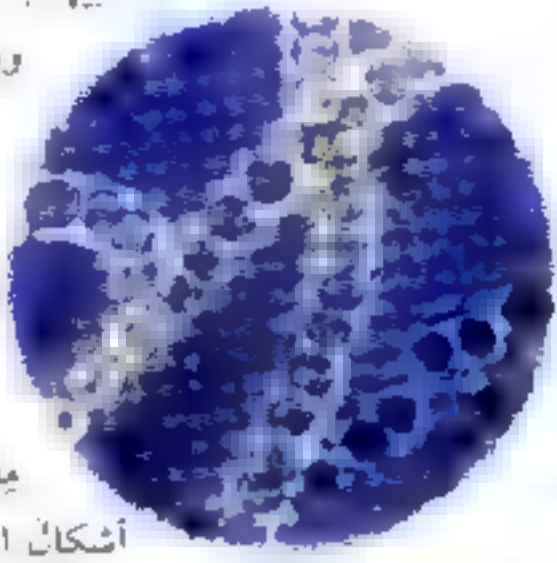




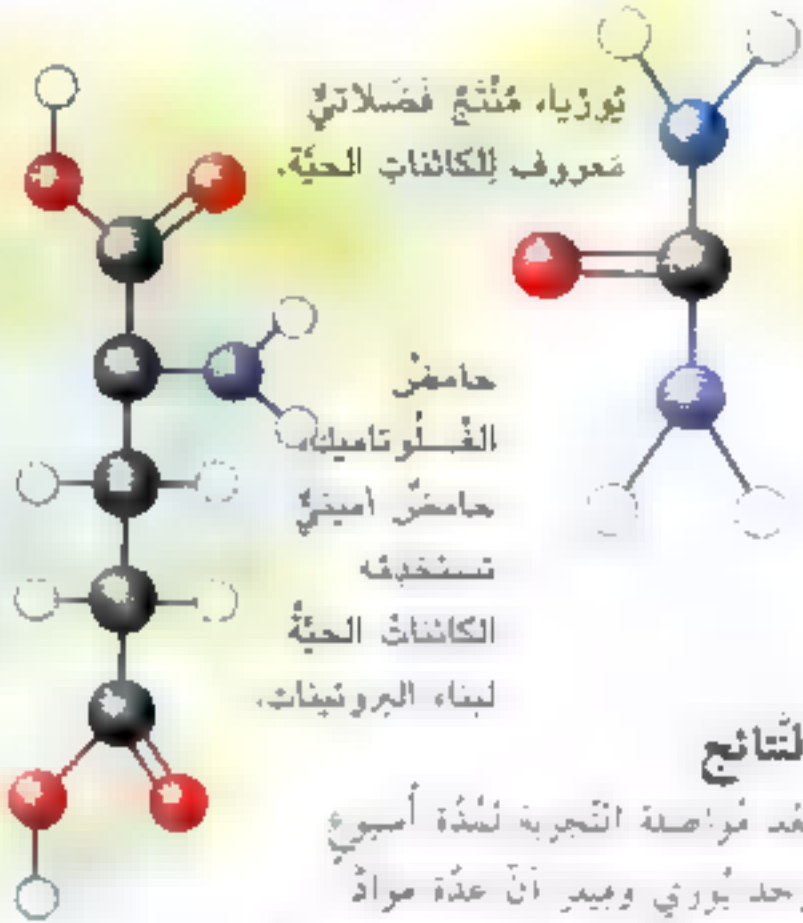
# بدايات الحياة

## أقدم أشكال الحياة

هذه القضايب الخضراء المُرَزَقَة البسيطة الشبيهة بالنباتات تُسمى سيانوبكتيريا. وهي تستوطن عادة المياه الضحلة وتُصنع غذاءها بالتخليق الضوئي. وقد وجد الجيولوجيون جدران أحفورية من هذه البكتيريا يعود تاريخها إلى ٣٥٠٠ مليون سنة - مما يشير إلى أن أشكال الحياة هذه كانت بين الأقدم على الأرض.



وُجد كوكبنا الأرضي منذ حوالي ٤٥٠٠ مليون سنة؛ وفي سنيها الأولى، كانت الأرض حارة جدًا ومحفوفة بالمخاطر لا يمكن للكائن حي العيش فيها. فقد كانت تقصفها الرُّجُم والنيازك، وتُمرقها الانفجارات البركانية. وحين أخذت الأرض تبرد صار سطحها أهدأ، فتكوّنت الغيوم، من بخار الماء في الجو - الذي ابتعثته التورانات المستمرة، وهطلت الأمطار. وفي ذاك الماء ظهرت الحياة منذ أكثر من ٣٥٠٠ مليون سنة. بعض الناس يعتقدون بخصوصية خلق مختلف الكائنات الحية، أي، إن كل نوع حي قد خلق خلقًا خاصًا. لكن معظم العلماء يقولون بنشوء الحياة عبر سلسلة من التفاعلات الكيميائية التي حدثت اتفاقًا؛ وعلى مدى ملايين السنين، بنّت تلك التفاعلات، ببطء شديد، كائنات حية من مواد كيميائية بسيطة.



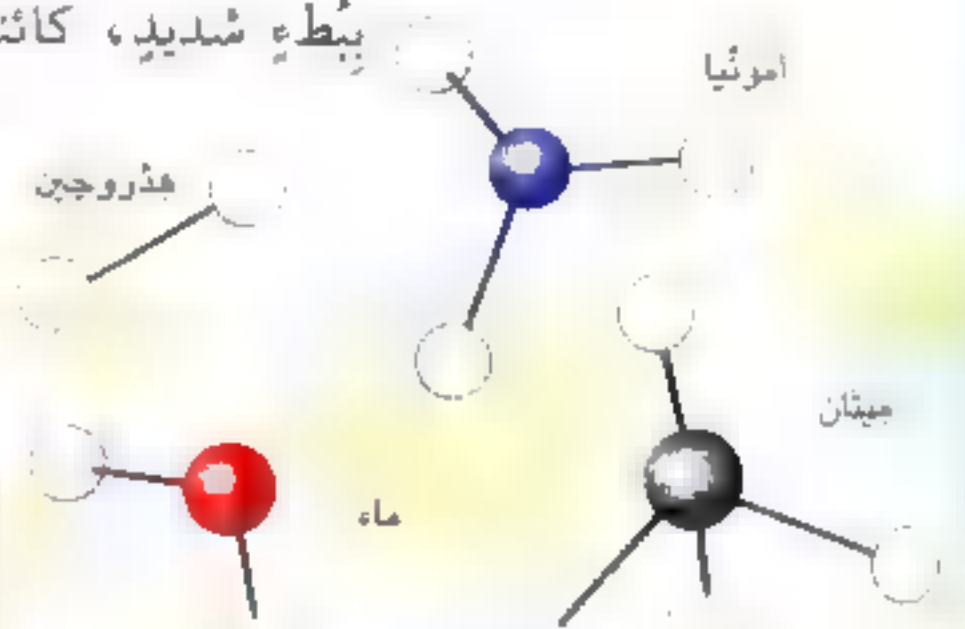
## النتائج

بعد مواصلة التجربة لمدة أسبوع واحد يوري وبير أن عدة مواد جديدة مُعقّدة قد تكوّنت، بينها بعض الأحماض الأمينية. هذه الأحماض هي كيميائيات مهمة ترتبط معًا فتكوّن البروتينات - التي هي وحدات بناء الحياة.



الطاقة الناتجة عن التفاعلات الكيميائية سببت تفاعل الكيمائيات في الوعاء بغضها مع بعض.

وضع مزيج الماء والميثان والأمونيا والهيدروجين في وعاء رشذ بإحكام.



## مقومات أولية

كانت بحار وأجواء الأرض الباردة تحوي كيميائيات بسيطة كالماء والميثان والأمونيا والهيدروجين. وفي تجربتهما الشهيرة وضع يوري وبير مزيجًا من هذه الكيمائيات في وعاء رشذ بإحكام. وكان هدفهما معرفة ما قد يحدث عندما تتفاعل تلك الكيمائيات بعضها مع بعض.

## مهّد الحياة

تصوّر أنّ كوكب الأرض الناشئ كان مُغطى بسحب طابت تحوي كيميائيات بسيطة، وأن طاقة ضوء الشمس وسرر التفريغ البرقي جعلت تلك الكيمائيات تتفاعل بعضها مع بعض. ولعلّ تلك التفاعلات مع الزم خلقت كيميائيات يمكنها أن تتساقط ذاتها، أو تكون أغشية تحميها من العناصر الخارجية. في العام ١٩٥٣، أخضع الكيمائيان الأمريكيان هارولد يوري وستانلي ميلر هذه الفكرة للتجربة، فبيّن لهما إمكانية أبناء المواد المُعقدة التركيب من مواد بسيطة.

هذا الرُّجُم الحديدي سقط من الفضاء مُنذ ٢٠.٠٠٠ سنة.



## الحياة في كواكب أخرى

إذا كانت الحياة قد نشأت اتفاقًا على الأرض بتفاعلات كيميائية طارئة، فمن الممكن أن تكون قد نشأت في أماكن أخرى من الكون بطريقة نفسها. فالحياة على الأرض عمادها المركبات الكربونية كالأحماض الأمينية. وقد وجد العلماء منذير ضئيلة من هذه الأحماض في بعض الرُّجُم. كما اكتشف الفلكيون كيميائيات أبسط عمادها الكربون في الغبار المُشعّر غير الفضاء.

## حياة من حياة

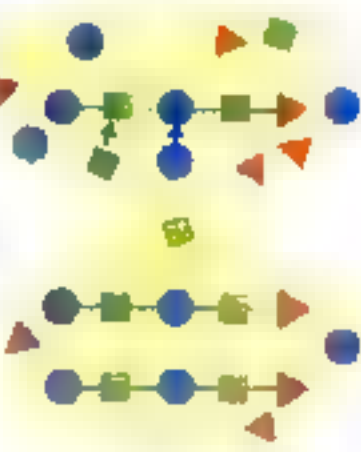
فيما مضى، اعتقد بعضهم أنّ كائنات حية يمكن أن تتولد فجأة من مواد غريبة الحياة. فكانوا يظنون، مثلاً، أن برقانات الذباب تُنشأ من اللحم الفاسد، لكن التجارب التي أجراها كل من العالم الإيطالي لازارو سبالانزاني (١٧٢٩-١٧٩٩) والعالم الفرنسي لويس باستور (١٨٢٢-١٨٩٥)، أثبتت خطأ ذلك الفرض. فالكائنات الحية، كما نعرفها اليوم، تتكوّن دائماً بالتوالد.



نضع الذبابة الرقّة (كالليفورا فوميتوريا) بيوضها على اللحم، فتضمر ليرقاتها، عندما نفقس، نوؤنة واحدة من الغذاء.

## المركب الكيميائي الأصلي

يجتذب كيميائيات أخرى ويتفاعل معها.



## التكاثر الكيميائي

قد تكون الحياة بدأت بطريقة بسيطة؛ كان يكون مركب كيميائي دخل اتفاقًا في سلسلة من التفاعلات أنتجت شخّة متبيلة له، وأن هذه الشخّة، غير تفاعلات متبيلة، كوّنت أنساج نفسها أيضًا. فيكون المركب الكيميائي بذلك قد تمكّن من التكاثر - الذي هو من خصائص المادة الحية!

## لمزيد من المعلومات انظر

- الكربون ص ٤٠
- الهيدروجين ص ٤٧
- الأرض ص ٢٠٩
- الخلايا ص ٣٣٨
- التخليق الضوئي ص ٣٤٠
- الوراثة ص ٣٦٤



# التطوُّر (النُّشوء بالتحوُّل العُضويّ)

الوان الصورة تخيلية، فلا  
أحد يدري ماذا كانت  
الوان الاركيوتريكس.

الاركيوتريكس كان ذا  
اسنان وشدة الشكل،  
كاسنان الزواحف تماماً.



جسم بخم  
فرخ الذجاج

رجلان أماميتان طويلتان  
مكشوتان بالريش.

ذيل طويل كذيل الزواحف

## حلقة بين الزواحف والطيور

يُعثَر في النادر على أحفورة تُبيِّن كيفية نشوء فئة  
رئيسية من الكائنات الحيّة من فئة أخرى. من نوادر  
الأحافير هذه الاركيوتريكس «تعني اللفظة الجناح القديم».  
وتُبيِّن الأحفورة حيواناً ذا خراشف وأسنان كالزواحف، وريش  
كالطيور. من ذلك يستنتج البيولوجي، بشبه اليقين، أن الطيور قد  
تطوّرت من الزواحف.

نحن لا نستطيع العودة بالزمن مئات ملايين السنين إلى الوراء لنرى كيف  
كانت الكائنات الحيّة. لكن بإمكاننا تعرّف الكثير عن الماضي السحيق  
بدراسة الأحافير. فالأحفورة تتكوّن بأنظمة الكائن الحيّ تحت الوحول  
والأثرية، فتتخلّ أجزاءه الطريّة، نباتاً كان أم حيواناً ولا يبقى منها أي أثر.  
أمّا الأجزاء الصلدة كالسُوق والعظام والأسنان والصدف فتتحوّل ببطء  
شديد. وتُبيِّن الأحافير من شتى أقطار العالم أن الكائنات الحيّة قد تغيّرت  
تدرّجاً على مرّ ملايين عديدة من السنين. فبعض الأنواع انقرضت،  
وتنشأت أنواع جديدة من أنواع أقدم في عملية تغيّر بطيء تدعى التطوُّر.

## سجل أحفوري

وُجِدَتْ أحفورة  
الاركيوتريكس هذه في  
ألمانيا عام ١٨٦١. ويبدو أنه  
تطوّر من ذئب صورات صغيرة  
كانت تسير على قوائم.



## تطوُّر الحصان

تُبيِّن الشواهد الأحفورية أن الحصان المعاصر قد  
تطوّر من أسلاف أصغر كثيراً ذات نمط عيش مختلف  
تماماً. حجّم الحصان القديم، هيراكوثيريوم، كان  
بحجم كلب صغير، وكان رُباعي الأصابع في حافزي  
القدمين الأماميتين يمشي برغي أوراق الشجر. وعلى  
مدى ملايين السنين، تزايد حجم سلالته وتحوّل  
غذاؤه من ورق الشجر إلى الأعشاب. كما طالت  
أرجلها وقلّت أصابع الحافر فيها؛ وبشر لها ذلك  
سرعة الهروب من أعدائها في الشهور المكشوفة.



عاش الهيراكوثيريوم منذ  
أكثر من ٥٠ مليون سنة.  
ولعلّه كان يلجأ إلى الاختباء  
من أعدائه لصغر حجمه  
وعجزه عن سرعة العدو.



الميزوهيوس عاش منذ  
حوالي ٣٠ مليون سنة  
وكانت قوائمه أطول  
وقدماء الأماميتين -  
ثلاثية الأصابع.



ظهر البريكسيس، أول الخيل  
العاشبة، منذ حوالي ٢٠ مليون  
سنة، وكان ثلاثي أصابع  
الحافر أيضاً - لكن إحداها  
اتخذت شكل حافر كبير.



ايكثوس، الحصان المعاصر نشأ منذ  
حوالي مليوني سنة، وكان عاشباً  
أيضاً؛ ذا حافر أحادي الإصبع.

## نمط مُشترك

يقبل التطوُّر على نهاية أشياء مُتواجدة قتلاً. فقد يتطوّر أحد  
الأنواع إلى أنواع أخرى، مختلفة شكلاً، لكنها تشترك في النمط  
الأساسي ذاته، واللّبنات (التيديتات) مثل جند على ذلك؛ فاعرفها  
الأممية متعدّدة الأشكال والأحجام تقوم بوظائف مختلفة - من  
السباحة إلى الطيران. لكن البنية الأساسية لها جميعاً متماثلة.  
مما يوحي بأنّ اللّبنات قد تطوّرت من سلف مشترك.



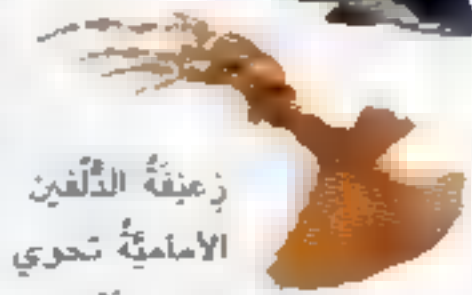
## جورج لويس بوفون

في القرن السابع عشر، كان  
الاعتقاد السائد أن للكائنات  
الحيّة خصوصيّة الخلق؛  
وأن كلّ نوع من النبات أو  
الحيوان ذو خصائص ثابتة لا  
تتحوّل. وهو رأي لا يزال  
بعض الناس يقولون به. وكان  
الكونت الفرنسي، جورج لويس بوفون (١٧٠٧-  
١٧٨٨)، العالم الطبيعي الثري، من أوائل  
المُشكّكين بفكرة الخلق الخاصّ خلال أبحاث  
أجراها تمهيداً لمؤلّفه «التاريخ الطبيعي» في ٤٤  
مجلدًا. فهو ارتأى حتميّة أن بعض أنواع  
النباتات والحيوانات أنتجت أنواعاً أخرى؛  
فكان بذلك من أوائل من كتبوا في موضوع  
النشوء والتطوُّر.

الذراع البشرية تحوي مجموعات  
من العظام الطويلة، وتتألف اليد  
من خمس مجموعات من عظام  
الأصابع.



زعيفّة الدّفين  
الأماميّة تحوي  
مجموعتين من



عظام «الذراع» وخمس  
مجموعات من عظام «الأصابع».

جناح الحفّاش يحوي  
مجموعتين من عظام «الذراع»  
ويتميّز بخمس مجموعات من  
عظام «الأصابع» الطويلة.



## لمزيد من المعلومات انظر

- الأحافير ص ٢٢٥
- البنية التطوُّر ص ٣٠٩
- تصنيف الكائنات الحيّة ص ٣١٠
- الزواحف ص ٣٣٠، الطيور ص ٣٣٢
- الوراثيات ص ٣٦٤
- حقائق ومعلومات ص ٤٢٠



## آلية التطور

لماذا تتغير النباتات والحيوانات ببطء من جيل إلى جيل؟ لقد جاء الجواب عن هذا التساؤل متوافقاً من عالِمين بيولوجيين، توصّلا إليه مُستقلين في القرن التاسع عشر، هما تشارلز داروين وألفريد راسيل والاس. فقد عرّفا أنّ أفراد النوع الواحد تتباين قليلاً فيما بينها، وأن هذه التباينات يُمكن أن تنتقل إلى الجيل التالي. ولم تغب عنهما حقيقة أنّ أفراد النوع الواحد، كما سائر الكائنات الحية، تتنافس على الموارد الضرورية، كالطعام، من أجل البقاء. وأنّ الخلف ذا التغيرات الأكثر ملاءمةً للبيئة هو الأوفر حظاً بالبقاء والتناسل. وهكذا يتطور النوع، بالانتخاب الطبيعي، ليصبح أكثر ملاءمةً لبيئته وطرائق عيشه.

شُرشور الشوكة يثبت شوكة صبار في منقاره لالتقاط الحشرات من بين شقوق اللحاء.

الشُرشور الضاحك ذو المنقار الحاد المُستدق الطرف يقتصر غذائه على الحشرات.

شُرشور الشجر الصغير يغتدي بالحشرات التي يلتقطها بمنقاره الدقيق.

شُرشور الضفائر الأرضي حاد المنقار يغتدي بالزور غالباً مع بعض الحشرات.

الشُرشور الأرضي الكبير يغتدي غالباً بالزور الكبيرة، يستخرجها من أغلفتها بمنقاره الغليظ.

شُرشور الشجر ذو المنقار الأعقف نباتي يغتدي براعم الشجر وأوراقها.

## شُرشوريات غلاپاغوس

خلال رحلة حول العالم، استغرقت 5 سنوات على متن الباحرة اليجل، جال تشارلز داروين عام ١٨٣٢، في جُزر غلاپاغوس النائية بعيداً عن الساحل الغربي لأمريكا الجنوبية، حيث شاهد العديد من الحيوانات الفريدة بما فيها ١٣ نوعاً من طائر الشُرشور. درس داروين هذه الأنواع في مختلف الجُزر بعناية مُلاحظة بقاط الشبه والاختلاف فيما بينها. فتوضّحت له فكرة تحدّثها من أصل واحد جاءها من البر الرئيسي. فالشُرشور الأصلي كان يغتدي بالزور ويذوّج على الأرض، لكنّ أنساله طوّرت أشكالاً مناقيد مختلفة وأساليب عيش مُتباينة، بحيث إنّ أكالات الزور أصبحت مناقيدها كبيرة وقوية، بينما أكالات الحشرات غدت مناقيدها رفيعة مُستدقة الطرف.

## تنازع البقاء

وضعت هذه العنكبوت نبات البويضات، لكن صغارها لم تلبس جميعها وسموت الكثير منها قبل أن تتمكن من التناسل. ولولا تنافس العنكبوت على الطعام والماوى، اللافتوازين سهولة، لكانت العناكب اكتسبت العالم

عنكبوت يحمل صغارها على ظهرها

## الانتخاب الاصطناعي

لا تحدث التغيرات ضمن النوع طبيعياً دائماً، فالنظر اللونية على هذه الأزهار هي غنيمات اصطناعية - نتجت بتعريض البتة للأشعة السينية. هذه الأشعة غيرت التركيب الجيني (الوراثي) في البتة بحيث انتقلت هذه البتة اللونية إلى الجيل التالي، ويمكن تكثير هذه الخاصية المُخططة بامتياز هذه البتات بالتأثير الاصطناعي. إنّ العمل على نشر التغيرات الباتية والحيوانية هكذا هو انتخاب اصطناعي.

## تشارلز داروين وألفريد راسيل والاس

خُطرت نظرية الانتخاب الطبيعي، أو بقاء الأصلح كما تُسمى أحياناً، بكل من داروين (١٨٠٩ - ١٨٨٢) ووالاس (١٨٢٣ - ١٩١٣). وقبل نشر أعمالهما عام ١٨٥٨، اعتقد الكثيرون أنّ النباتات والحيوانات تتطور بتغيرات جلال حياتها، وأنّ هذه التغيرات المُكتسبة تنتقل من جيل إلى آخر فتحدث التطور. غير أنّ داروين ووالاس قدما بِنات تدعم نظرية الانتخاب الطبيعي. وفي العام ١٨٥٩، نُشر داروين نظريته في كتابه «أصل الأنواع» الذي لا يزال من أهم الكتب الرائجة.

## تطور البرغوث

الانتخاب الطبيعي لا يعمل الأشياء أكبر أو أكثر تعقيداً دائماً، فكثيراً ما ينكسر في اتجاه مُعاير. ففي زمن قديم، طوّر أسلاف البرغوث أجنحة، لكن هذه الأجنحة لم تُقد البرغوث ولا لامت طرائق عيشها، ونتيجة للانتخاب الطبيعي، فقدت البرغوث أجنحتها مُستعينة عنها بتطوير قوائم خلفية قوية تمكّنها من القفز على متن عائلها.



برغوث الارانب (شيللويسيلس كوميكولي) يغتدي بدم الارنب.

تعليمات البثونية هذه حدثت بالانتخاب الاصطناعي.



## لزيد من المعلومات انظر

- الطيور ص ٣٣٢
- الحركة ص ٣٥٦
- الوراثة ص ٣٦٤
- التناسل الجنسي ص ٣٦٧
- الضجاري ص ٣٩٠
- حقائق ومعلومات ص ٤٢٠



## تصنيف الكائنات الحية

قبل أن تصبح البيولوجية علماً بوقت طويل، استخدم الناس أسماءً عاديةً للنباتات والحيوانات المألوفة كانت غالباً

تصف مظهر الشيء ومكان تواجده ومجال استخدامه.

لكن هذه التسميات لا تناسب العلماء لأنها تختلف

من لغة إلى أخرى. وحتى في اللغة ذاتها تطلق عدة

أسماء على بعض الكائنات بينما البعض الآخر لا

اسم له. في القرن الثامن عشر ابتدع عالم

النبات السويدي لينوس طريقة لتسمية الكائنات الحية

وتصنيفها في مجموعات. وفي نظامه التصنيفي الثاني

التسمية أصبح لكل نوع اسم خاص به، يميزه، وأيضاً يبين موقعه في عالم المتعضيات الحية.

وحيد القرن



## أسماء يسهل تذكرها

فل أبتدع لينوس نظامه الثاني التسمية،

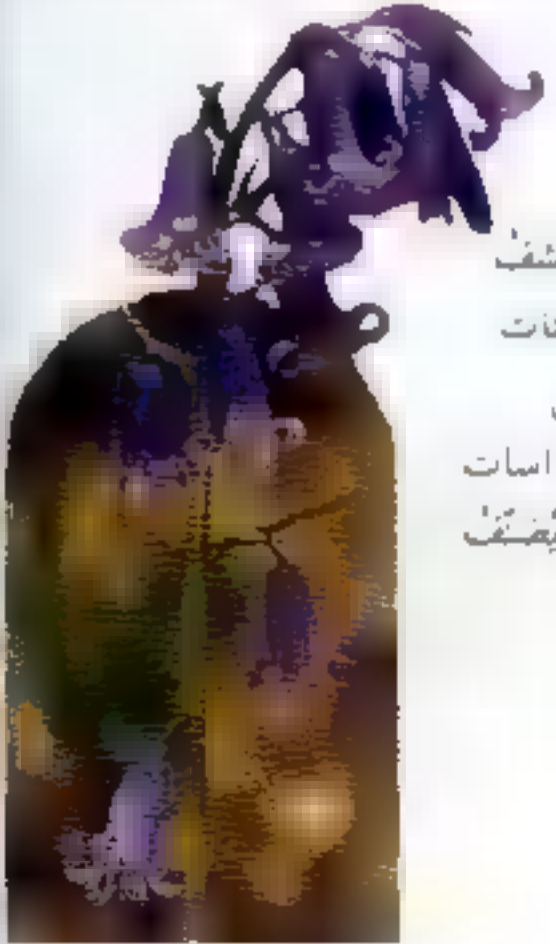
كان المتفقون يستخدمون أسماءً لائنية

وصفة لتسمية النباتات والحيوانات لهذا

الرسم لوحيد القرن في كتاب حيوان في

القرون الوسطى يحمل تسمية لائنية بمعنى

القرن الأنف.



## تغير الأسماء العلمية

كثيراً ما تغير الأسماء العلمية عندما يكتشف

علماء الأحياء علاقات جديدة بين الكائنات

الحية. فقد صنف لينوس نبات الخرنس

الأزرق في جنس أواقثوس. ونتيجة للدراسات

العلمية، فقد أعيدت تسميته عدة مرات ويصنف

الآن مع جنس الإسفيل (سبلا).

النوع: الخنزير الثقاجي الشكل  
(هيكس بوماسيا)



## جنس الخنزير

(هيكس)

يقسم جنس الخنزير عدة أنواع متشابهة جداً، لكل منها اسم

علمي ثنائي التسمية. الجزء الأول من الاسم يعبر عن الجنس الذي

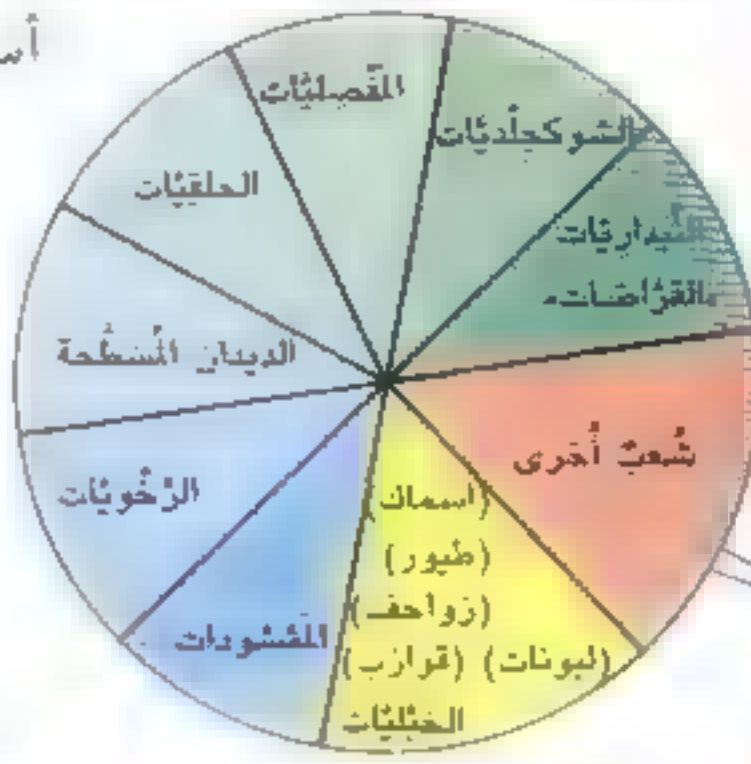
تنتمي إليه جميع الأنواع - في هذه الحالة الخنزير

(هيكس). والجزء الثاني يعبر عن النوع ذاته - وهو بلقوقع الروماني

بوماسيا وتعني ثقاجي الشكل. وهكذا، فالاسم العلمي الكامل

للقوقع الروماني هو الخنزير الثقاجي الشكل.

هذا المخطط يبين بعض  
الشعب في مملكة الحيوان.



## شعبة الرخويات

تضم شعبة الرخويات حوالي  
٩٠.٠٠٠ نوع منها يحميها

إحدى أكبر الشعب في عالم الحيوان.

تلف جسم الحيوان الرخو طبقة الدثار

التي تفرز صدفة طبقة في بعض الأنواع. تقسم

شعبة الرخويات إلى سبع طوائف - والقوقع الروماني ينتمي

إلى طائفة بطنيات الأقدام.

## طائفة بطنيات الأقدام

بطنيات الأقدام ذات قدم عضلية شبه مضاعفة يتحرك

الحيوان زحفاً عليها. ولأغلبية هذه الحيوانات رؤوس بيئة

التعاضل وغيرت فوق لوامها. وتتألف هذه الطائفة من

ثلاث طويقات: والقوقع الروماني ذو ربة. لذا صنف في

طويقة الرنويات.

## طويقة الرنويات

تقسم هذه الطويقة إلى رنيتين. فالقوقع

الروماني يستوطن اليابسة. وله عبتان في طرفي

لامبته، لذا صنف في رتبة ذات اللوامس حاملة

القبون

(ستيلوماتوفورا).



## رتبة ستيلوماتوفورا

تضم هذه الرتبة أصنافاً عديدة من

الرخويات الهوائية التنفس التي

تستوطن اليابسة. وفيها أعين على

مخاطباتها. وهي تقسم إلى

مجموعات متعددة، تدعى

طوائف، وهذه تشمل فصائل من

كلا القواقع والبراق المشابهة،

رغم أن معظم البراق لا ضلفي.

ويسمى القوقع الروماني في فصيلة

الخنزويات.

## عالم (أو مملكة) الحيوان

عالم الحيوان، أحد خمس مجموعات رئيسية

من الكائنات الحية، يشمل حوالي ٣٠ قسماً

يُدعى كل منها شعبة. بعض هذه الشعب يضم

كثرة من الأنواع، بينما يحوي البعض الآخر قلة

فقط. القوقع الروماني، مثلاً، ينتمي إلى شعبة

الرخويات.



## التصنيف

لقد بيّنا على هذه الصفحة نسق تصنيف

نوع واحد هو القوقع الروماني.

لاحظ أن التصنيف بدأ بعالم الحيوان

في أعلى الصفحة وأخذ ينحصر حتى

تحديد نوع واحد في أسفلها - تبعاً

لخصائص متنوعة. هذه البناات

التصنيفية ابتدعها البيولوجيون كأقسام

في نظام إصبات صخيم. وهم كثيراً ما

يستخدمون أقساماً إضافية أخرى غير

مبيّنة هنا، كشعب أو رتبة عليا أو فوقية.



## الكائنات الحيّة

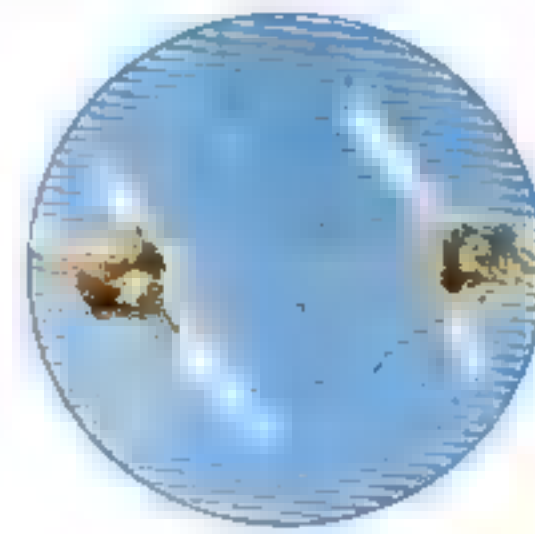
بدائيات النوى (الموتيرا)

الاولى

الفطريات

النباتات

الحيوانات



يتألف عالم بدائيات النوى (الموتيرا) من المتعضيات الوحيدة الخلوية - البكتيريا والطحالب الخضراء المزرقة المعروفة بسيانوبكتيريا. إن خلية الموتيرا بسيطة عديمة النواة. أما جميع الكائنات الحيّة الأخرى فخلاياها سنوية النوى.

عالم الاولى يتألف من متعضيات وحيدة الخلية سنوية النواة. وهي في غاية التنوع بحيث يُدرج بعض البيولوجيين فيها الطحالب الوحيدة الخلية التي يرثي آخرون أنها تنتمي إلى عالم النبات.

عالم الفطريات يتألف من متعضيات تنمض مواد انتجتها أصلاً كائنات حيّة أخرى. أحياناً تُعامل الفطريات كنباتات، رغم أن بني خلاياها وأساليب عيشها مختلفة تماماً.

يضمّ عالم النبات متعضيات تستخدم الكلوروفيل (البيخضور) لتُسخّر طاقة ضوء الشمس في تخليق غذائها. جذران خلايا النبات جاسئة لأنها تتألف من السليولوز.

يضمّ عالم الحيوان متعضيات عديدة الخلايا تُعاش بتناول الطعام. معظم الحيوانات قادرة على الحركة والتنقل، لكن بعضها يُعطي قسماً كبيراً من حياته مُثبتاً في بقعة واحدة. وجدران الخلايا الحيوانية غير جاسئة.

### خمس عوالم من الكائنات الحيّة

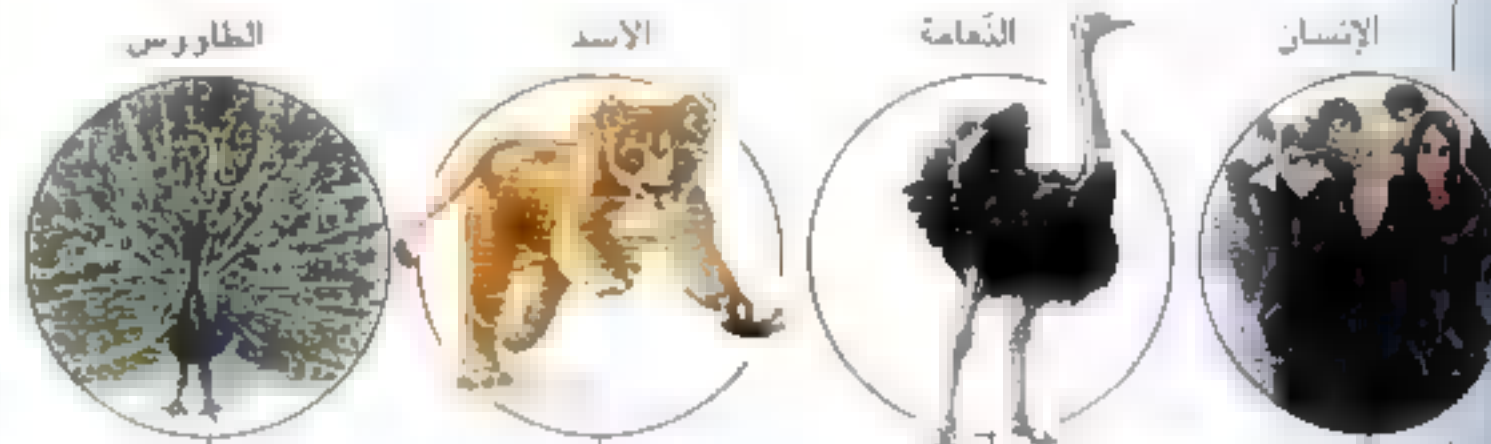
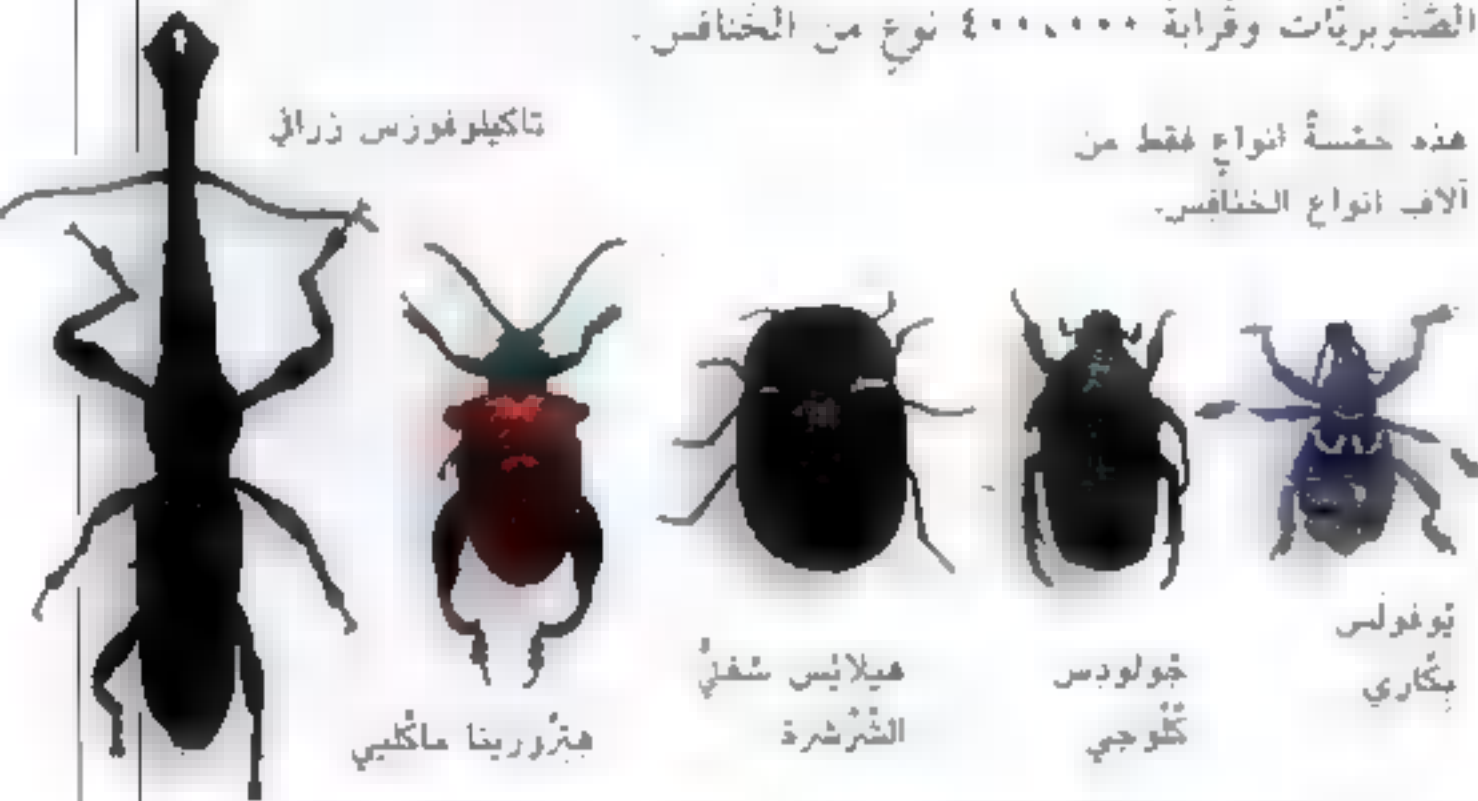
فيما مضى، قُسم البيولوجيون الكائنات الحيّة إلى مجموعتين فقط: عالم النبات وعالم الحيوان. فتميّز الفرق بين النبتة والحيوان بدا لهم أمراً سهلاً. فالنبات خضراء مُجذرة في مكان واحد، وهي بحاجة إلى الضوء لتُحيا. أما الحيوانات فتنتقل عادةً من مكان إلى آخر وتغذي بأشياء أخرى. لكن اكتشف البيولوجيون لاحقاً أن الكائنات الحيّة ليست على ذلك القدر من البساطة. ففي قبضة من التراب، أو سطر من الماء، هنالك أعداد لا تحصى لها من الكائنات الحيّة الدقيقة التي لا تنتمي لأي من العالمين المذكورين. والمتعارف اليوم تقسيم الكائنات الحيّة إلى خمسة عوالم، ومع تغير المفاهيم حول علاقاتها بعضها ببعض، تتغير كذلك الطريقة التي تُصنّف بها.

### كم نوعاً الكائنات؟

لا يزال البيولوجيون يجهلون العدد الحقيقي لأنواع الكائنات الحيّة المتواجدة على الأرض. فقد اكتشف وصّف حتى اليوم قرابة مليوني نوع، لكن قد يكون العدد عشرة أضعاف ذلك. فنحن نعرف حوالي ٥٥٠ نوعاً من الضفاديات وقرابة ٤٠٠,٠٠٠ نوع من الحنافس.

هذه خمسة أنواع فقط من آلاف أنواع الحنافس.

تاكيلوفورس ذرالي



الطاووس

الأسد

الدّعامه

الإنسان

حيوانات جانبية العينين

حيوانات أمامية العينين

حيوانات طويلة العنق

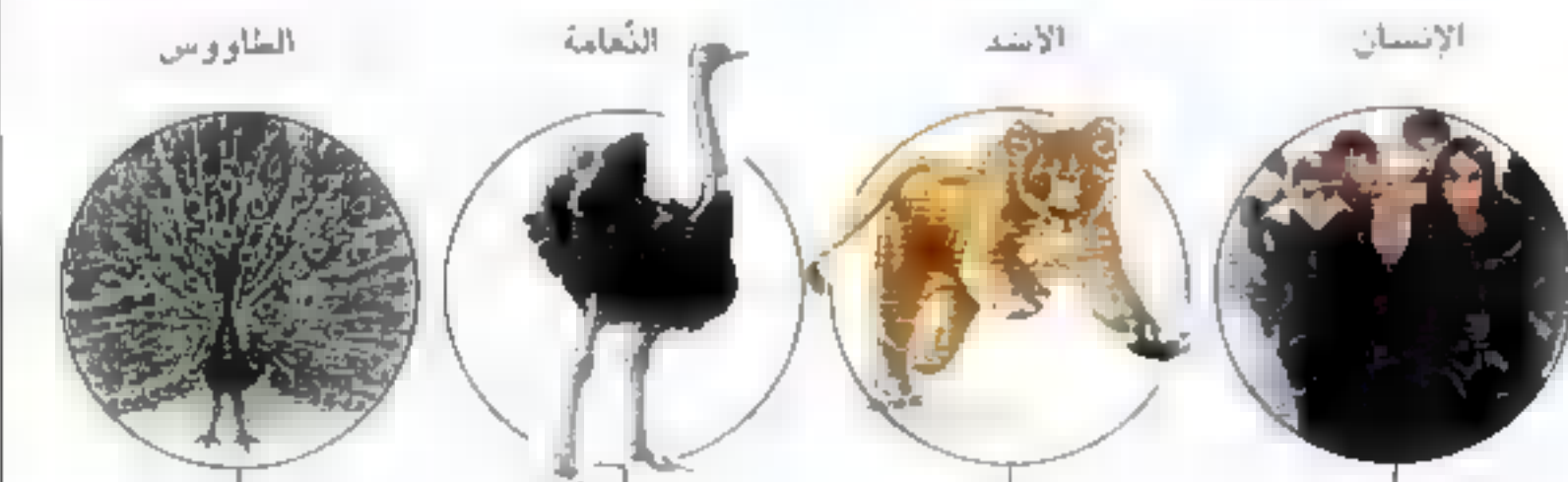
حيوانات قصيرة العنق

حيوانات طويلة الذيل

حيوانات نمشي على رجلين

### خصائص عديمة الأهمية

يُحاول البيولوجيون تصنيف الأنواع بطريقة تُبين كيفية ارتباطها بالتطور. لذلك فهم يخيرون الخصائص التي تشترك فيها الأنواع المختلفة. لكن أيّ الميزات هي الأهم؟ مُخطّط العلاقات أعلاه يُبين أحد السبل لتصنيف أربعة حيوانات على أساس شكلها الخارجي، وهذه طريقة قليلة الجدوى.



الطاووس

الدّعامه

الأسد

الإنسان

حيوانات تستطيع الطيران

حيوانات لا تقوى على الطيران

حيوانات ذات فخالب

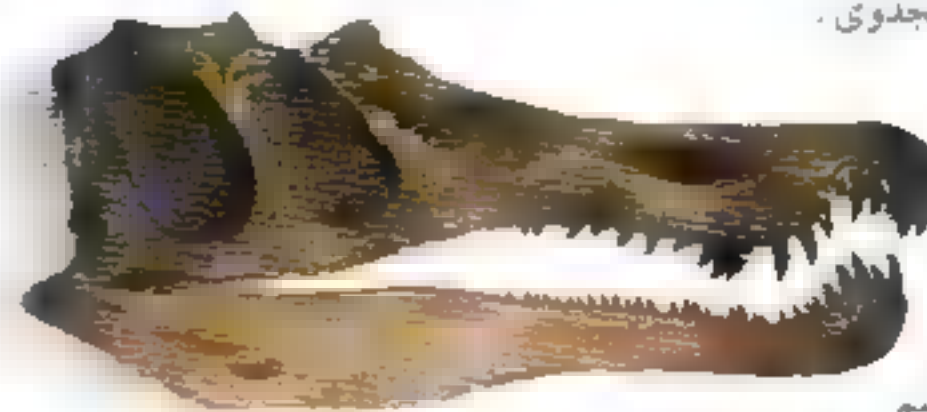
حيوانات ذات يدين

حيوانات مكنوّة بالريش

حيوانات يكسوها الشعر

### خصائص مهمّة

يوحي مُخطّط العلاقات الأوّل أن الدّعامه أقرب صلة بالإنسان منها بالطاووس، لكن الإدراك السليم يستبعد ذلك، لأن الدّعام والطاووس كلّها مكنوّة بالريش وذات مناقيد، بخلاف الإنسان. فمُخطّط النسب أعلاه أكثر معقولية، لأنه يعتمد سمات أساسية، كالريش وبنية العظام، وهي تعطي دلائل تصنيف أفضل.



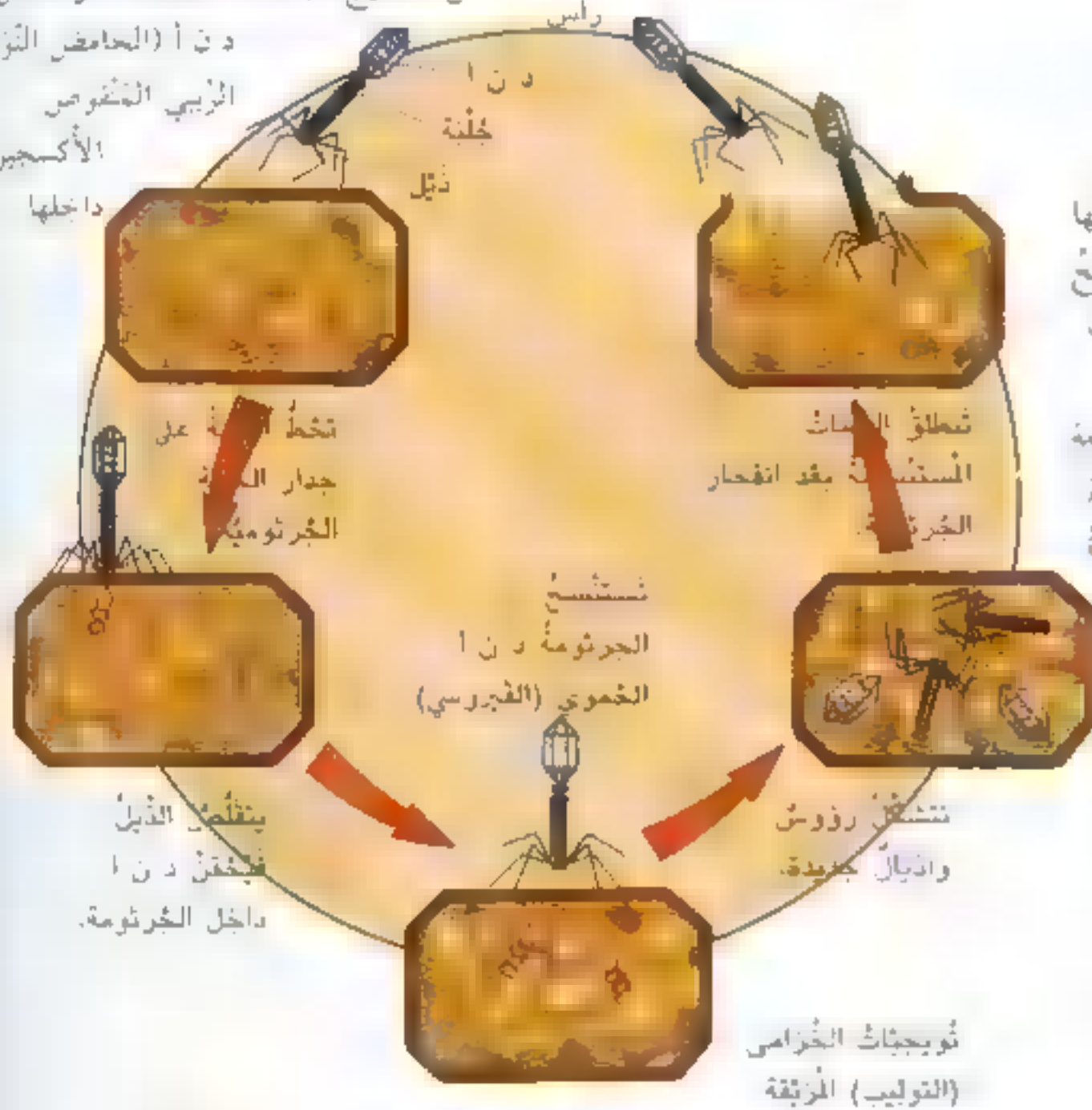
### إختيار الاسم

المُكتشف الأوّل لنوع جديد من الكائنات له شرف إختيار اسم لذلك النوع. هذه جمجمة دينوصور يُدعى بارنيونكس ووكري. فالجزء الأوّل من الاسم يُشير إلى مخالب الدينوصور الثقيلة؛ أمّ الجزء الثاني فيجبي ذكرى المُكتشف - بل ووكري.

### لمزيد من المعلومات انظر

- التطور (النشوء بالتحوّل العنصري) ص ٣٠٨
- آلية التطور ص ٣٠٩
- الرّخويات ص ٣٢٤
- الخلايا ص ٣٣٨
- التخليق الضوئي ص ٣٤٠
- الهيكل الدّعام ص ٣٥٢
- حقائق ومعلومات ص ٤٢٠





تُسَبِّحُكَ حُمَاتُ  
الزُّكَّامِ إِنَّمَا "مِثْلًا"  
وعندما تَغْطُرُ، تَسِيرُ فِي  
الهَوَاءِ رُشَاشَاتٌ تَحْوِي  
ملايين الحُمَاطِ نَاقِلَةً  
عَدُوِي الزُّكَّامِ إِلَى مَن  
يَسْتَنقِصُونَهَا .

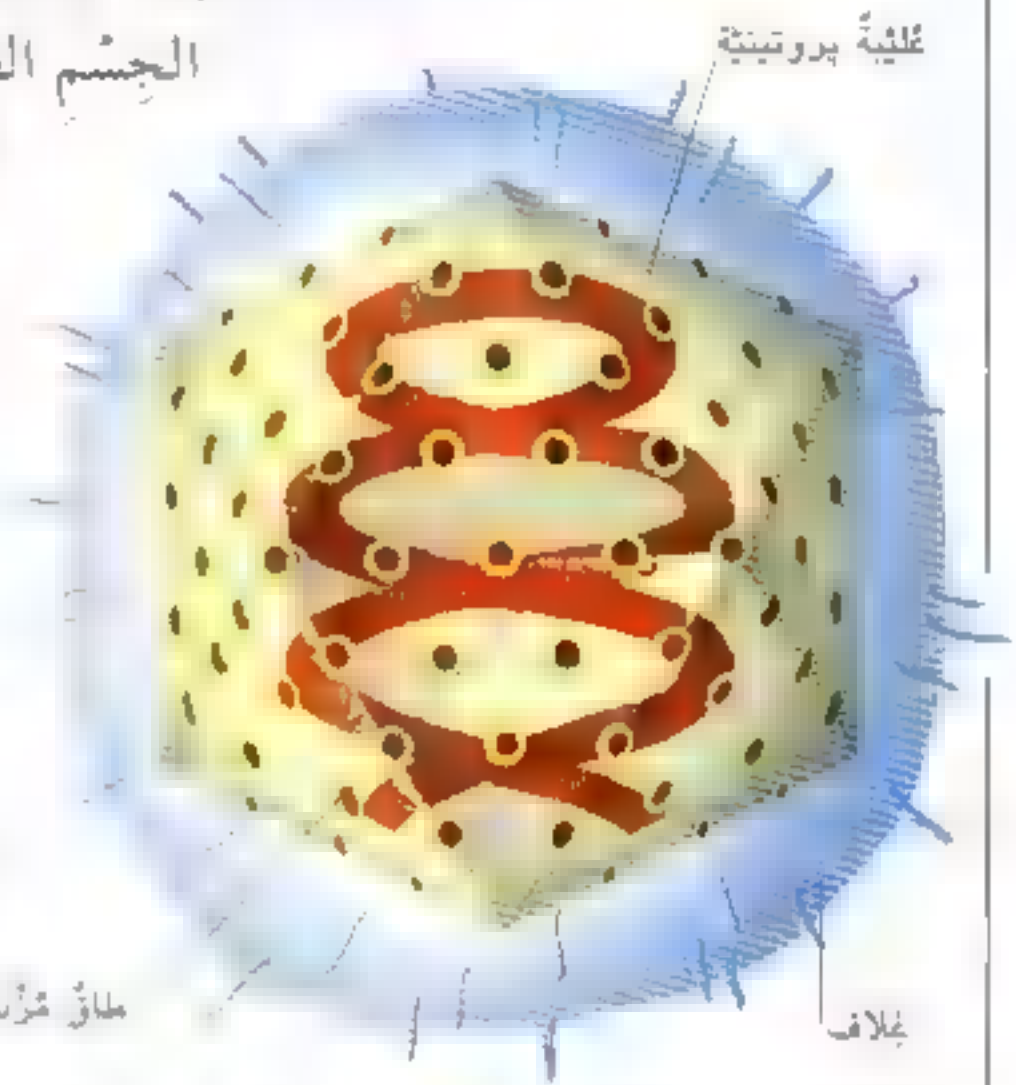


## حُمَاتٌ غَزِيْرَةٌ

تَخْلُقُ حُفَةً فَلْيَمَاءُ الْحُرَامِي، أَرِيْقَانَا  
فِيْمَايَةِ قِيهَا. فَمِي الْقُرْنِ ١٧، كَانَتْ  
الْحُرَامِي الْمَرْقِيَّةُ بِهَذِهِ الْحُمَاتِ قَانِقَةُ الْقِيَمَةِ فِي  
هَوْنَدَا - بِحَيْثُ يَتَعَامَلُ بِهَا النَّاسُ كَالْأَسْهُمِ  
وَالسُّنْدَاتِ، حَتَّى تُقَدَّ قَانِقُ تَمَرُ بَضَلَةِ الْحُرَامِي  
الْوَالِدَةِ مُعَدَّلًا دَخَلَ الشَّخْصَ الْعَادِيَّ فِي مَنَةِ

النمو ومراحله ص ١١١  
الوراثة ص ٣٦٤

يبدو الخمة لأفحة النكريات، كأنها  
مركبة فضائية مشتملة. وهي تستشع  
ذاتها بفضل محتوياتها، من د ن أ،  
داخل الخرومومة. وهذا يحل  
الخرومومة تخفف كل الأجزاء اللازمة  
لتجميع حمات جديدة. ثم تصعد  
الأجزاء وتخرج الحمات الجديدة  
من الخلية الخرومومية.



تُسَبَّبُ الحُمَاتُ الخَلْيَةُ الحُمَاقُ والحَلَا النُّظَاقُ والقُرُوحُ البَارِدَةُ. فِي دَاخِلِ كُلِّ حُمَةٍ هُنَاكَ طَاقٌ مُزْدَوِجٌ مِنَ المَادَّةِ الكِيمَاوِيَّةِ الوَرَاثِيَّةِ د ن أ، الَّتِي تَحْوِي جَمِيعَ «التَّعْلِيمَاتِ» اللَّازِمَةِ لِجَعْلِ الخَلْيَةِ الحَيَّةِ تَسْتَبِيحُ الحُمَةِ. تَحْفَظُ د ن أ عُلبَةَ بَرُونِيَّةٍ عَشْرُونَةَ الأَوَاجِ العُصَائِلَةِ، تَلْقَاهَا طَبَقَةٌ وَاقِيَّةٌ تُدْعَى الغِلَافُ. فَعِنْدَمَا تُصَادَفُ الحُمَةُ خَلْيَةً مُنَاسِبَةً، يَلْتَحِمُ غِلَافُهَا بِغِلَافِ الخَلْيَةِ كَمَا تَلْتَصِقُ مَعًا فُقَاعَتَانِ. ثَمَّ يَدْخُلُ بَاقِي الحُمَةِ إِلَى الخَلْيَةِ حَيْثُ يُسْتَشْبَحُ. أَحْيَانًا، نَسْتَوِطِرُ الحُمَاتِ الخَلْيِيَّةِ جَسْمَ الْإِنْسَانِ عِدَّةَ سِنِينَ دُونَ إِيْذَانِهِ.

الحمات ليست الجسيمات الكيميائية الوحيدة التي تصيب الخلايا الحية. فهناك الحمات (شبه الحماض) الأصفر، وتأتف الحماض من قطعة أصغر من المادة الكيميائية الوراثية ر ن أ (الحامض النووي الريبي) دون غلاف بروتيني. وهناك أيضا البريونات التي هي أصغر من الحمات، ويُعتقد أنها تتألف من بروتينات فقط بخلاف الحماض والحمات. تسبب الحمات أمراضا عديدة في النباتات، فيما تسبب البريونات الهزال والشلل (مرض إسكراي) في الأغنام والماشية.



خطة من لاجعات  
المكتريات



# الجراثيم (البكتريا)

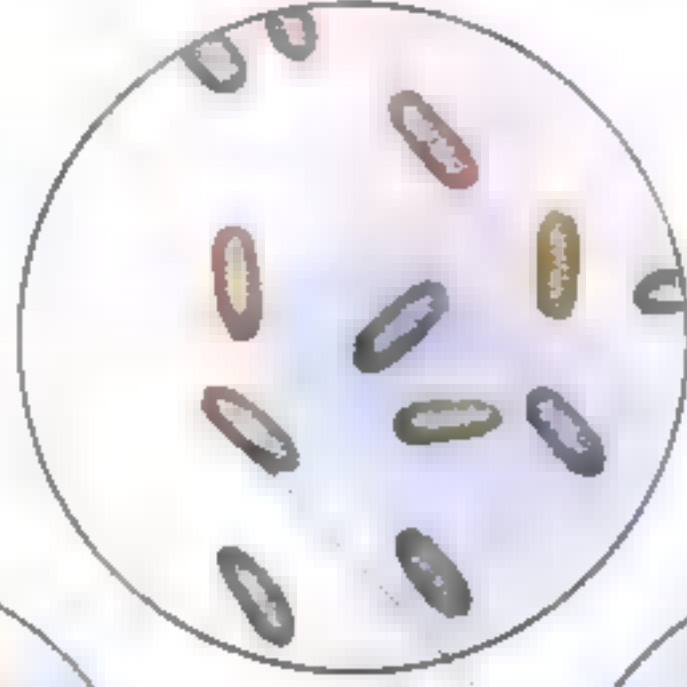
إذا تركت كوباً من اللبن (الحليب) خارج البراد في طقس دافئ، فسيخمر اللبن بعد وقت قصير. إن سبب هذا التحوّل هو النّموّ السريع لِمُتَعَصِّباتٍ مِجَهْرِيَّةٍ وَحيدة الخلية بدائية النواة تُعرفُ بالجراثيم (البكتريا). والبكتريا هي أكثر الكائنات الحية انتشاراً على الأرض، فهي تتواجد في الهواء وفي التراب وفي جميع أنواع النباتات والحيوانات وعليها، بما فيها الإنسان. حتى إن بعض أنواعها يوجد في الينابيع الحارة وفي الجليد أيضاً. والبكتريا أنواعٌ مُختلفةٌ عديدة - بعضها مؤذٍ وبعضها الآخر مُفيد. فالبكتريا المؤذية تشمل تلك التي تُسببُ الأمراض الخطيرة كالْكَرَازِ وإِنتَانِ (تسمّم) الدم. وتشملُ المُفيدةُ البكتريا المُفسّخة التي تُحلّلُ الفضلات إلى موادّها الأولية، والمُنتَرة التي تُثبّتُ نيتروجين الهواء في جذور النبات، إضافةً إلى بكتريات التحليل ومُستخرجات الألبان.



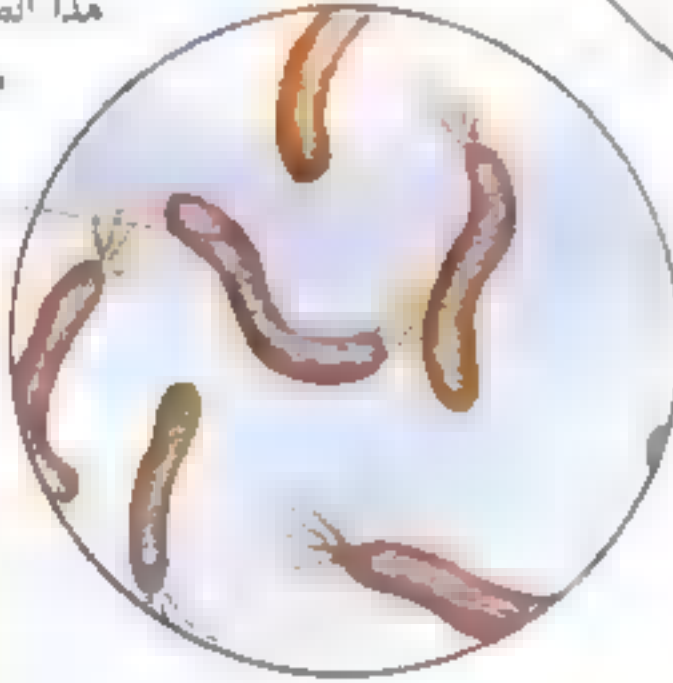
## الطاعون الذبلي (الذئلي)

قيل اختراع المضادات الحيوية، كانت الأمراض الجرثومية أحياناً تكتسح مناطق واسعة بأوبئة مروعة. فخلال القرنين الثالث عشر والسابع عشر، اجتاحت أوروبا الطاعون الذبلي، المعروف بالموت الأسود، ففُضِيَ على ملايين البشر. ونُسبَ هذا الطاعون جراثيم تعيش في الجُرَذَان وتُنقلُ منها إلى الإنسان بواسطة البراغيث.

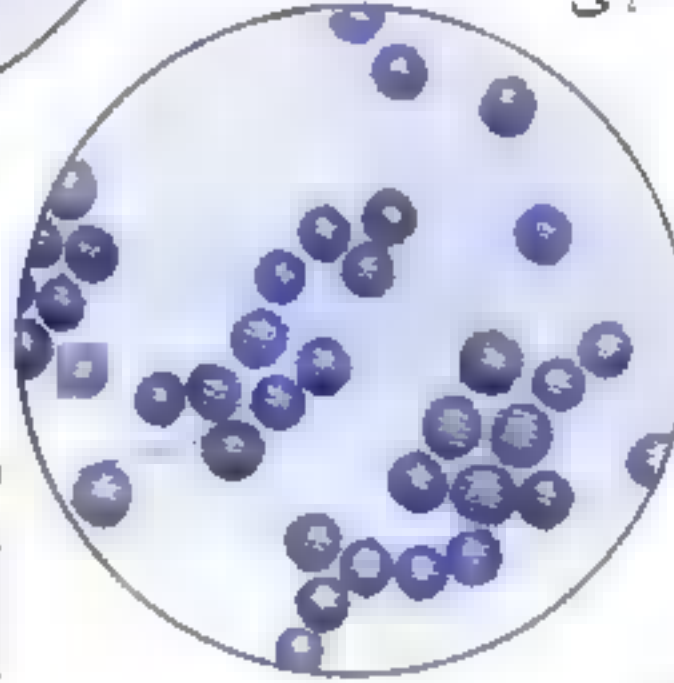
الخللية لولبية الشكل.  
بعض الخلليات  
تؤلف سلاسل.



الغضبية جُردوم  
عضوي الشكل،  
يعيش مُفترساً أو في  
سلاسل.

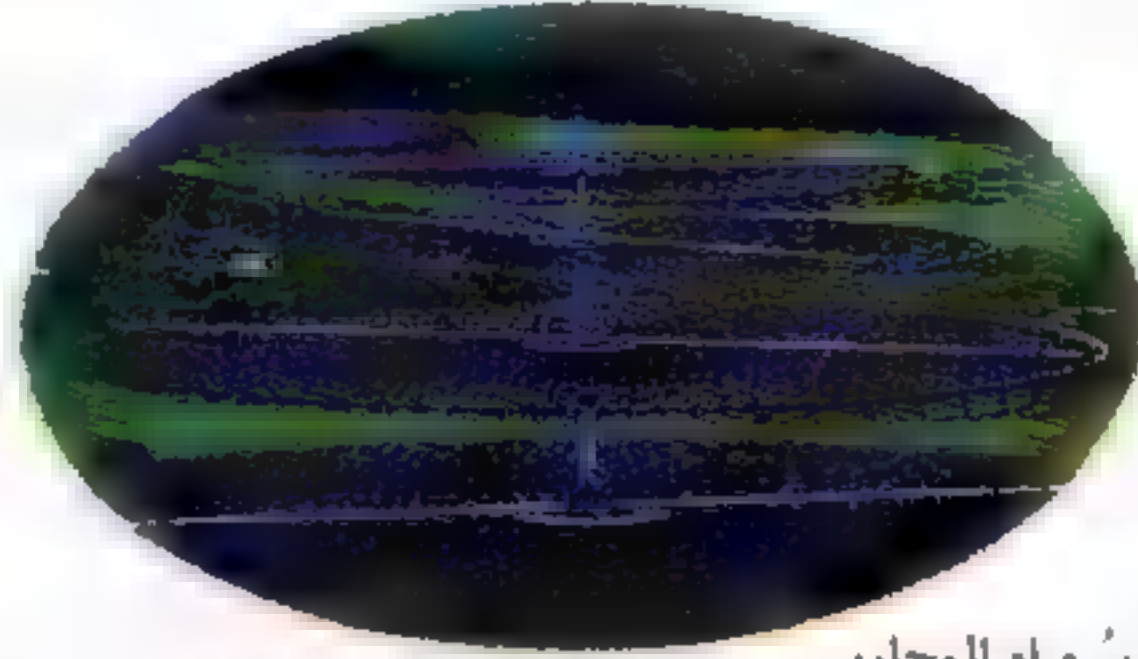


المكورة مُدوّرة الخلية.  
بعض المكورات يعيش  
في عناقيد أو في  
سلاسل طويلة.



## الخلايا الجرثومية

الجرثومة أو الجرثوم النموذجي أصغر من الخلية الحيوانية بحوالي ١٠٠٠ مرة، فلا تشاهد تفاصيلها إلا بالمِجْهر الإلكتروني. والخلية الجرثومية ذات جدار نخين، وهي غير متوافقة. وتعيش البكتريا (تأ) باستخدام طاقة الكيمائيات أو ضوء الشمس، أو بامتصاص مواد غذائية من العضويات الميتة كبقايا النبات والحيوان، أو من الخلايا الحية.

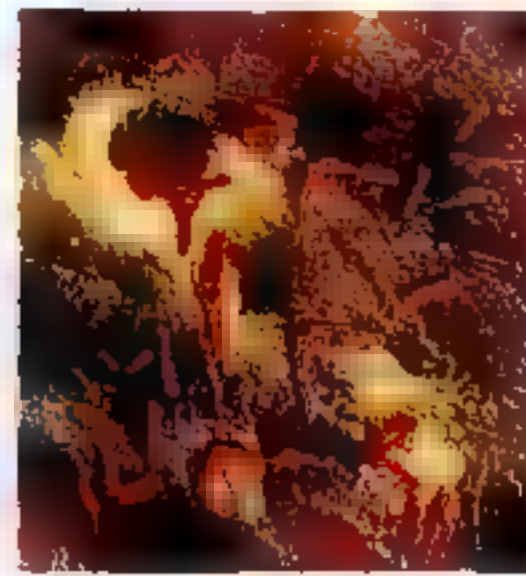


## تكرير مياه المجاري

تلعب البكتريا دوراً مهماً في معالجة الفضلات البشرية فلا تغدو من أسباب التلوث. في مجمع تكرير مياه المجاري تُنض السوائل الفضلاتية عبر طبقات من خبث الفحم والخصياء الدقيقة، فتعمل فيها البكتريا المتواجدة في تلك الطبقات هاضمة الفضلات ومفككة إيّاها إلى مواد مأمونة أبسط. وهكذا يُمكن إعادة تلك المياه إلى الجداول والأنهار دون أن تُعرّض الحياة البرية للضرر.

## نخر الأسنان

تعيش في أحاديثنا وعليها أنواع عديدة من البكتريا. فالبكتريا دائمة التواجد في الفم لاتصاله بالهواء. هذه البكتريا تعيش بهضم مخلفات الطعام، وإذا لم تُنظف أسنانك بانتظام، فستراكم تلك البكتريا، مُكوّنة لويحات فلاحية يضاء أو مضغرة. كذلك تُهاجم الحوامض التي تُنتجها تلك البكتريا ميناء الأسنان الطلبة، ومنى نحرثها بمنذ النخر بسرعة إلى الطبقات الطرية تحنها.



## روبرت كوخ

الطبيب الألماني  
روبرت كوخ  
(١٨٤٣-١٩١٠).



ساهم في إرساء دراسة البكتريا كعلم طبي. ففي العام ١٨٧٦، اكتشف أن الجرثوم المسبب للحمى الخبيثة (داء يصيب الماشية والإنسان) يُمكن استنباته في المختبر. كما شخص أيضاً البكتريا المسببة للسل والهَيْضَة (الكوليرا).

## التكاثر الجرثومي

تتكاثر الجراثيم (البكتريا) غالباً بالانقسام - أي بأنقسام الخلية إلى اثنتين. ففي ظروف ملائمة - من الدفء والرطوبة ووفرة الغذاء - تنقسم الخلية إلى اثنتين كل ٢٠ دقيقة؛ أي إن الجرثومة تُنتج ثلاثة أجيال خلال ساعة واحدة فقط. ففي ٢٤ ساعة تُنتج الانقسامات المتكررة حوالي ٥٠٠٠ بليون جرثوم!

بكتريا على سطح السن

## لمزيد من المعلومات انظر

- الخلايا ص ٣٣٨
- التخليق الضوئي ص ٣٤٠
- الإنسان والفكان ص ٣٤٤
- البيئة الباطنة (في الأحياء) ص ٣٥٠
- النمو ومراحله ص ٣٦٢
- حقائق ومعلومات ص ٤٢٠



# المتعضيات الوحيدة الخلية

الأماكن الرطبة كالبحار والغدران والأراضي السبخة تزخر بمتعضيات وحيدة الخلية تدعى الأوليات (البروتستا). ورغم أن هذه الكائنات الأولية أكبر من البكتيريا، فإن معظمها من الدقة بحيث لا يرى بالعين المجردة. والخلية في الأوليات تختلف اختلافاً بيئياً عنها في البكتيريا، فهي تحوي نواة بالإضافة إلى عضيات تقوم بوظائف متنوعة للمحافظة على حياة الخلية. وتغذي الأوليات بطريقتين: فبعضها يُخلق الغذاء كالنبات - باستخدام طاقة ضوء الشمس؛ وبعضها الآخر، ويدعى الأوليات الحيوانية (البروتوزوا)، يتصيد الفرائس ويأكلها. وجدير بالذكر أن الأوليات لا يمكن فرزها قطعاً كشبيه نبات أو شبيه حيوان، إذ إن بعضها شبيه بكلّيهما - يُخلق طعاماً باستخدام ضوء الشمس، وأيضاً يأكل متعضيات أخرى.

شرعة المتفورة القصوى  
حوالي سنتيمترين في الشاعة.

هَيُولَى الخلية السائلة تسري  
عبر الأقدام الكاذبة حاملة  
معهها عُضَيَّات.

**كيف تتحرك المتفورة؟**  
تستطيع المتفورة (الأميبية) تحويل بعض من هَيُولَى خليتها (السيتوبلازم) إلى جامد هلامي، ثم إعادته ثانية إلى الحالة السائلة - فتصنع بذلك "أقداماً" مؤقتة تدعى أقداماً كاذبة. أثناء تحرك الأميبية تصبح جوانب تلك الأقدام جامدة وتثبت في موقعها، بينما تسري الأجزاء الأمامية والداخلية إلى الأمام.

تعدّ المتفورة أقداماً  
كاذبة باتجاه تحريكها.

قدم كاذبة

هَيُولَى الخلية السائلة

هَيُولَى الخلية الهلامية

الفجوات الغذائية تهضم كل  
ما تفتهمه المتفورة؛ ثم تقذف  
بالفضلات خارج الخلية.

تعمل الفجوة القلوص كالمضخة،  
فتجذب الماء الفاتس ثم تروقه  
خارج الخلية.

تجول الدبديبيوم  
باحثة عن طعام.

تخضع النواة أعمال الخلية.  
عند التكاثر تنقسم النواة  
والخلية كلاًهما إلى شطرين.

## المتفورة (الأميبية)

المتفورة (الأميبية) نوع خاص من الأوليات التي لا شكل ثابت لها. فتتحرك خليتها الوحيدة الكبيبة الشكل بالانسياب في أي اتجاه. تستوطن المتفورات المياه وتغذي باعتماد الفرائس، فيختجز الطعام في فقاعات تدعى فجوات غذائية حيث يتم هضمه لاحقاً. تتكاثر المتفورة بانقسام الخلية إلى اثنين.

## صراع الأوليات

قد تكون الأوليات صغيرة، لكن عالمها يضم بعض الكائنات الضاربة. هنا الدبديبيوم تهاجم البراميسيوم مطنقة خبوطاً سائمة على فريستها عند بدء المعركة. وبالرغم من أنها أصغر من فريستها بكثير، فهي تمتص ليلتها. هذان الكائنان الأوليان كلاهما من الهدييات التي تجذب غير الماء بواسطة شعيرات دقيقة تدعى أهداناً.

لقد اصطدمت الدبديبيوم اتفاقاً  
براميسيوم فراححت تمتص مئسفة لاحتواء  
فريستها الضخمة. وبعد ساعتين أو ثلاث  
تسعى في طلب الغذاء مجدداً.

## الناموس (البعوض) والملاريا (البرداء)

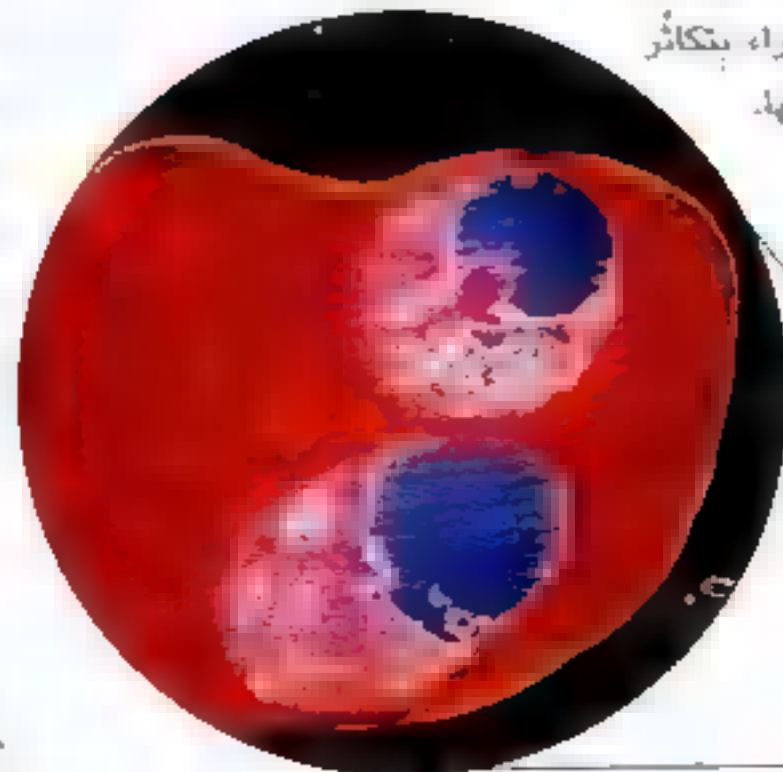
الملاريا داء خطير يسبب بخاضة في المنطقة المدارية، ويسببه طفيلي الملاريا (البلازموديوم)، الذي ينقله البعوض في غرده اللعابية من المصاب إلى شخص سليم حيث يتكاثر داخل كبده وخلايا دية الخمر. وكل بضعة أيام تخرج خلايا الطفيلي الأولى الجديدة من خلايا الدم الحمراء فتسبب نوبات حموية.

تحتفظ الناموسة الملوثة بخلايا طفيلي الملاريا  
داخل غدها اللعابية. فإذا ما لسقت  
شخصاً تنقل إليه هذه  
الخلايا.

تدمر خلية الدم  
الحمراء بتكاثر  
غزاتها.

## الأوليات بانيّة الصخور

المنخربات كائنات أولية تعيش داخل محار مجهرية غنية بالكالسيوم. وتتشبّه على سطح كل محارة بخاريت دقيقة تبرز منها "أقدام" خاصة لجمع الغذاء. تعيش المنخربات في البحر بأعداد ضخمة؛ وعندما تموت تتراكم محارها فوق فاع البحر وتتحول مع الزمن إلى صخور - كالجرف البيضاء الطباشيرية الميئة أعلاه.



خلية دم  
بشريّة حمراء

## لمزيد من المعلومات انظر

- الجراثيم (البكتيريا) ص ٣١٣
- الخلايا ص ٣٣٨
- التخليق الضوئي ص ٣٤٠
- التكاثر اللاجنسي ص ٣٦٦
- حقائق ومعلومات ص ٤٢٢

الناموسة (البغوضة) (أنوفيليس أرتيانسيز)



# الفُطْرِيَّات

الفُطْرِيَّات عالمٌ من المُتَعَصِّيات السَّوِيَّة تنوِّي الخلايا - منها المألوف الكبير كعيش الغراب والفطر الغاريقوني والكمأة، ومنها المجهرى الوحيد الخلية كالعفن والخمائر. تتألف الفُطْرَةُ الكبيرة من قسم ظاهر مَظَلِّي الشَّكْل ومن كتلة خُوطانٍ دَقيقَةٍ مُتَوَارِيَةٍ في التُّرْبَةِ أو في موادَّ عُضْوِيَّة كَالخَشَبِ المُهْتَرَى. والفُطْرِيَّات، بخلاف النباتات الخضراء، عاجزة عن تخليق غذائها؛ لذا تعيش مُتَطَفِّلَةً على كائنات حَيَّة أُخرى أو على موادَّ عُضْوِيَّة مَيِّتة. والفُطر، مع البكتيريا، من المُفَكِّكات المُهمَّة في تحليل بقايا النبات والحيوان مُعيدةً موادَّها الكيماويَّة لِتُستَعْمَلَ مُجدِّداً. وتتكاثر الفُطُورُ خُضْرِيًّا وَجُنْسِيًّا، والكثير منها يُصِيبُ الإنسان والحيوان والنبات بأمراضٍ مُختلفة. بعضُ الفُطُور يُؤْكَلُ، ومنها ما يُستخدَمُ في التخمير وفي تحضير المُضادَّات الحيويَّة كعفن البنسلين.



## نكهات فطرية مطيِّبة

رغم أن بعض الفطر سام، فالكثير من الأنواع المأموية يُستخدَمُ في إضفاء نكهة مُميَّزة على بعض الأطعمة. كُتِلُ الخُبزِ أعلاه لُوِّثَ بِفُطرِ البَنْسَلِيوم الذي ينمو عليها فيكسبها مذاقاً خاصاً.

## غاريقون الذباب

غاريقون الذباب (أمانيتا مسكاريا) فُطرٌ سامٌ يتكاثر بتكوين رؤوسٍ مَظَلِّيَّة ذات تقاطيع خيشوميَّة في سُطُوحها السَّفْلَى. في هذه الخياشيم تتكوَّن الأبواغ الشبيهة بالزُّور الدقيقة. وحين تُطْرَح الأبواغ تذرُّوها الرِّياح؛ فإن وقع النوع في مكانٍ ملائم، ينمو مُكوِّناً كتلة خُوطانٍ فُطْرِيَّة جديدة.

## الفُطْرِيَّات الوحيدة الخلية

الخمائر فُطُورٌ مجهريةٌ وحيدة الخلية تتكاثرُ غالباً بالتبرعم. وهي تعتمد بالشُّكُلات مُحَوَّلة إياها إلى كُحولٍ أو موادَّ أُخرى في عمليَّة تُدعى الاحمرار. وتُستخدَمُ الخمائرُ في إنتاج المشروبات الكُحولِيَّة وفي تخمير المعجن.

خلايا الخميرة (سكاروميسيز سيرفيسيا)

## السير ألكسندر فليمنج

عام ١٩٢٨ لاحظ

الجرانيمي

الاسكتلندي

ألكسندر فليمنج

(١٨٨١-١٩٥٥) أن عَقَّ

لَوَثُ المُسْتَنْبَاتِ البكتيريَّة

في أحد الأطباق في

مُختبره فأبادهما. فعزل

فليمنج المادَّة التي أنتجها

الفُطر، وأسماها البنسلين - أول عقارٍ من

المُضادَّات الحيويَّة. ونتيجة لأبحاث

لاحقة أنقذ البنسلين حياة ملايين

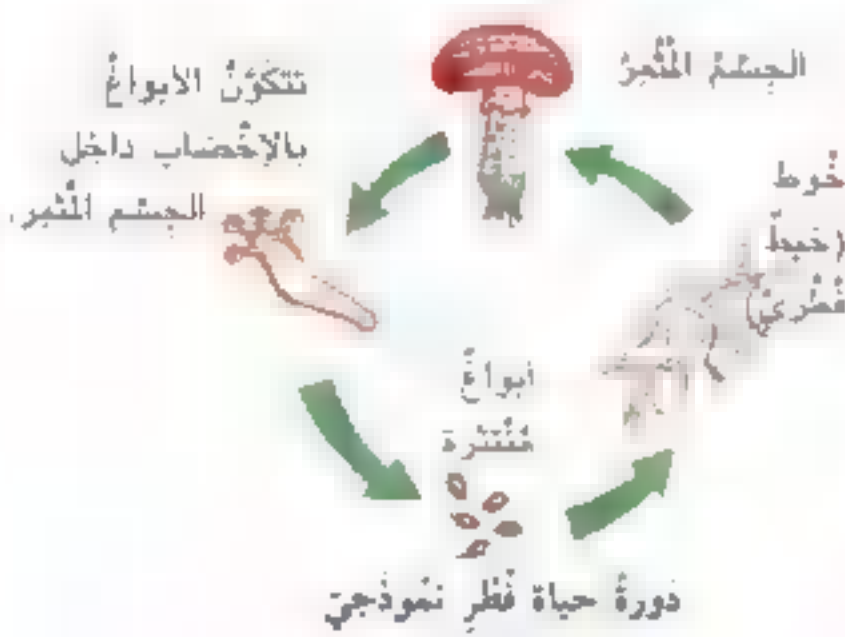
الأشخاص.



فقع الذئب

(لايكوبودون

بايريغورمي)



عفن أسود (كلادوسبوريوم  
كلادوسبوريوم)  
نام على جدار  
رطب.

تتألف الشاؤ  
من كتلة خُوطانٍ  
(ج. خُوط)  
فُطْرِيَّة  
متضامجة  
مقا.

## الفُطْرِيَّات حوالى المنزل

تنمو أنواع كثيرة من الفُطْرِيَّات داخل المنازل وخولها، كالعفن الذي يستقرُّ على الجدران الرطبة الباردة مُكوِّناً بقعاً سوداء. كما يَهْرَى العفن الجاف (ميريولا لاكريمانس) الخشب في البيوت القديمة، كذلك يُصِيب العفن الفُطْرِيُّ والصُّدَأُ أشجار الحدائق ومحاصيل المزارع.

## مجاعة البطاطا

عفن البطاطس فُطرٌ غيَّر مجرى التاريخ. ففي منتصف القرن التاسع عشر، ضرب هذا العفن (فثيوفتورا إنفستانس) نباتات البطاطا في إيرلندا على مدى عدَّة سنواتٍ مُتتالية، ممَّا اضطرَّ آلاف الناس المتضورين جوعاً للهجرة إلى أمريكا الشمالية.



## فقع الذئب (الفُطر الكروي الثقات)

تتكوَّن أبواغ فقع الذئب داخل رأس كروي. هذا الرأس يجفُّ تدريجياً ليغدو كباً أجوف يتفحَّرُ بمن حوله حيوان أو فُطْرَة فطر باعثاً الأبواغ غيرُ ثَقْبٍ قَمِي فيه.

لمزيد من المعلومات انظر
الجرانيم (البكتيريا) ص ٣١٣
التحليل الضوئي ص ٣٤٠
الاعتناء ص ٣٤٣
التكاثر اللاجنسي ص ٣٦٦
دورات في الغلاف الحيوي ص ٣٧٢
الفضلات وإعادة تدويرها ص ٣٧٦
حقائق ومعلومات ص ٤٢٠، ٤٢٢



# اللازهريات

تختلف النباتات الخضراء عن الفطريات بأنها تُخَلَقُ غذاءها من مواد بسيطة كالماء وثنائي أكسيد الكربون بطاقة ضوء الشمس وفاعلية الكلوروفيل (البيخضور) في أوراقها. تُقسّم النباتات الخضراء إلى قسمين رئيسيين - هما اللازهريات والنباتات المزهرة. ظهور اللازهريات يعود إلى أكثر من ٣٠٠ مليون سنة وشملت الطحالب والسراخس والحزاز، وقد بلغ بعضها أحجاماً عظيمة. وهذه النباتات لا تزال موجودة، لكن المتواجد منها على اليابسة صغير عادة، ويقع غالباً في الأماكن الظليلة. تتكاثر اللازهريات بنثر أبواغها، والكثير منها تتعاقب أجياله بين البوغي والمشري. الجيل البوغي يُنتج الأبواغ التي لا تلبث أن تنبت لتنتج جيل المشيرات (البروتالوس) الذي يُنتج الأمشاج (الخلايا التناسلية أو الأعراس).

ليس لعشب البحر المعروف بالكلب أوراق حقيقية، بل سيقان مذبذبة.

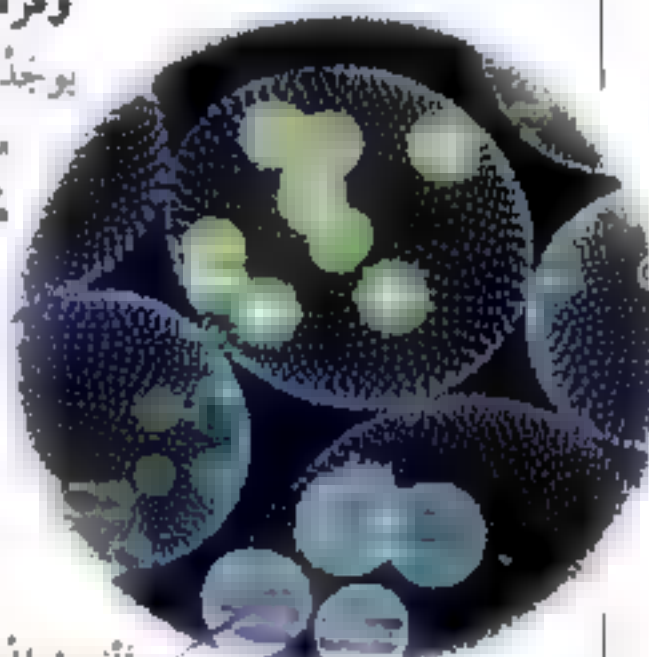
## عملاق تحت مائي

الكلب العملاق (ماكروسيستيس بيريفرا) هو أكبر الطحالب في العالم ومن أسرعها نمواً. ويستطيع عشب البحر هذا التحول من خلية واحدة إلى نبتة طولها ٥٠ متراً في سنة واحدة، والأقدم عهداً قد يبلغ طولها ٢٠٠ م. ينمو الكلب العملاق في المياه الباردة على مقبدة من كاليفورنيا، بالولايات المتحدة، حيث يُشكل "غابات" تحت مائية، توفر المأوى والغذاء للكثير من الحيوانات البحرية كالأسماك والقضاعات (لعاب البحر).

## وفرة من الطحالب

يوجد أكثر من ٢٠٠,٠٠٠ نوع

من الطحالب، تتفاوت حجمًا بين هذه النبتة المائية البهيمية المعروفة بالفولفوكس وبين الكلب العملاق. يتألف الفولفوكس من كرة خلايا موضوعة في وسط هلامي. وتتكون المستعمرات الوليدة داخل المستعمرة الأم ثم تنبت عندما تبلغ حجمًا كافياً. تنفجر المستعمرة الأم لتطلق المستعمرات الوليدة.



## استعمالات الأعشاب البحرية

لعلك تُصادف الأعشاب البحرية يوماً دون أن تدري. فخلاصات هذه الأعشاب تُستخدم عادة في تغليظ قوام البوظة، وفي المرطبات والغراء ومعالجة الأسنان - وحتى في المتفجرات. والأعشاب غنية بالمعادن المفيدة، لذا تُجمع أحياناً لصنع المحضبات.

يُستخلص الكراغينان

والألجينات من الأعشاب البحرية وتُستخدم كحفظات لبعض الأطعمة.



نباتة السراخس (جيل بوغي)

لاقحة (زيجوت) تحت النبات المشيجي

الإخصاب

مُبيضة

مُلقحة (نابت الجيل المشيجي)

دورة حياة نبتة لا مزهرة نموذجية

## السراخس الشجرية

السراخس الشجرية أطول النباتات اللمزهرة على اليابسة. وهي تنمو غالباً في المناطق المدارية، وينمو البعض منها في أماكن أبرد كنيوزيلندا.

للكلب، بدلاً من الساق العادية، شويقات مُطاطية متينة.

تحمل الكبديات شرائط مسطحة أو شرائط مُقطعة تشبه الأوراق.

## الكبديات

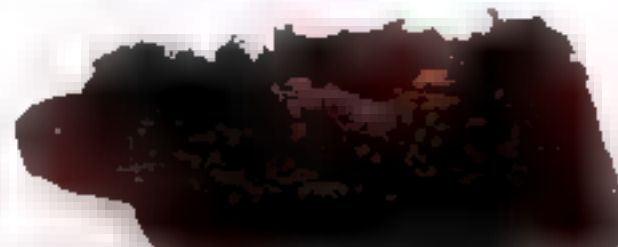
الكبديات الطحلبية وثيقة الصلة بالحزازيات. فهي نباتات مُسطحة تشبه قطعاً من الشريط الأخضر. ومع تقدم نمو النبتة يتابع الشريط الانقسام إلى اثنين. تستوطن الكبديات الأماكن الرائدة الرطبة، كالشواطئ الصخرية وضفاف الجداول.

يُزسي الكلب العملاق في قاع البحر مُثبتة برسايوي يشبه الجذور.

## الحزاز

ترسي الحزاز شعيرات شبيهة جذرية تدعى جذرائيات.

كتلة الحزاز تتألف من تكافل نبات فطري فوق صخر أو جذع شجرة. يُطلق الحزاز أبواغه من عُليّات مَحْمُولَة على سُويقات صغيرة. وإذا تطلعت عن كثب فقد تشاهد تلك العُليّات أحياناً.



تحتوي السراخس أشجّة خاضعة تنقل الماء غيّر النبتة.

## لمزيد من المعلومات انظر

- الخلايا ص ٣٣٨
- التخليق الضوئي ص ٣٤٠
- نظام الثقل في النبات ص ٣٤١
- التنفس الخلوي ص ٣٤٦
- التكاثر اللاجنسي ص ٣٦٦
- التناسل الجنسي ص ٣٦٧
- حقائق ومعلومات ص ٤٢٠



# الصنوبريات

الصنوبريات (أو المخروطيات) لا تزهر ولا تثبت من أبواغ، فكيف تتكاثر؟ والجواب هو أنها تكون مخاريط (أكواز)؛ والمخروط يتبع إما خلايا ذكورية أو خلايا أنثوية، وتقل الخلايا الذكرية إلى الأنثوية لتكوين البزور. والبزور، بخلاف الأبواغ، كاملة بمددها الغذائي للإنبات. هنالك حوالي ٥٥٠ نوعاً من الصنوبريات كلها تقريباً شجرية، كأنواع الشوب (الشوح) والصنوبر، معظمها ذو ورق عسي رفيع، حُرشفي أو إبري، يحتمل البرد القارس. وفي بعض مناطق العالم القاسية يزد الشتاء تولف الصنوبريات جراجاً تمتد على مدى الألف.



**صنوبر الشيلي (مناة الفرد)**  
صنوبر الشيلي (أروكاريا أوراكانا) من الصنوبريات غير العادية. فهو ثنائي المسكن تنمو أكوازه الذكرية والأنثوية على أشجار منفصلة، وأوراقه جذابة حادة.

يسقط الكور الذكرى  
الطوي ملايين خنثيات  
الطلع (الخلايا  
الذكرية) في الهواء.

الأكواز الأنثوية الفتية  
تسوي قاذفة عبر الأغصان!  
فيتم إحضار خلاياها  
الأنثوية خنثيات اللقاح  
الذكرية الساقطة عليها  
من الهواء.

تعلق الحراشف  
في طبق رطب.

## الأكواز والبزور

الأكواز النامية النمو حامل البزور متعددة الأشكال والأحجام - معظمها خشبي، لكن بعضها طري زعري الشكل. أكواز الصنوبر والرائنجية (تيسا) تسقط غالباً بكاملها على الأرض، لكن كبران الأرز والشوب تنفتح ببطء على أغصانها.



كل حراشف  
تحمي زوجاً  
من البزور  
الجنحة.

تنفتح  
حراشف  
الصنوبر في  
الطقس الجاف  
لتطلق البزور.

## مضيدة كهرومائية

احبس هذا العنكبوت وحفظ منذ ملايين السنين في الكهومان الشفق الرائنجية المنحجرة. فالرائنجية شديدة اللزوجة تستخدمه الصنوبريات لصيد الحشرات عن شجر خشبها. لحاء الشجرة الصنوبرية يترك هذا الرائنجية إذا جرح، فيجذب الحشرات أو العناكب التي تلامسه.



أوراق الطفسوس (تفسوس ماكاتا)  
الإبرية المسطحة تنمو على جانبي الغصن المتقابلين.

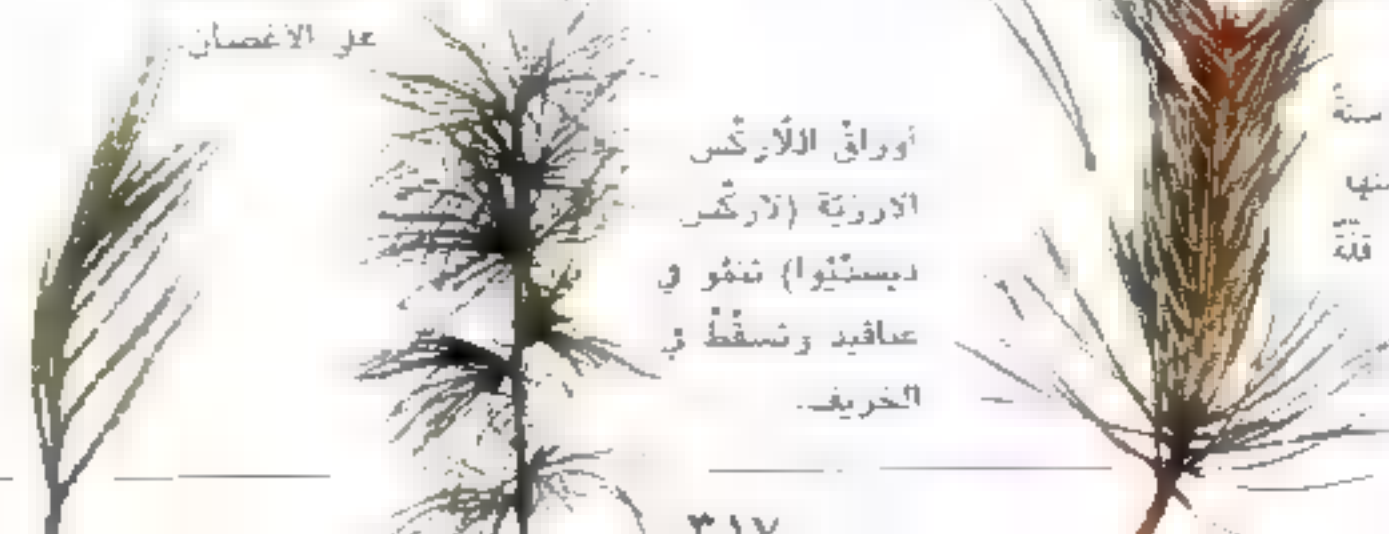


أوراق صنوبر اسكتلندا  
(بيتس سليفستريس)  
إبرية رفيعة تنمو  
أزواجاً.

## أوراق الصنوبريات

معظم الصنوبريات ذات أوراق صغيرة جلدية تدوم سنة أو أكثر، وهي ليست كلها إبرية الشكل. فالكثير منها قصير مسطح يعرف بالحراشف. ومن الصنوبريات فئة تسقط أوراقها في الحريف، منها أروية اللاركس وسرو المستنقعات (ناكوديوم ديستكوم).

أوراق اللاركس  
الأروية (لاركس  
ديستكوم) تنمو في  
عافيد وتسقط في  
الحريف.



الأكواز  
الأنثوية

القائمة القو تنقل من  
الأغصان. وعندما تطلق البزور  
الجنحة تتطاير بعيداً.

## رائنجية سينكا

غدت رائنجية سينكا (تيسا سينكيس)، من صنوبريات أمريكا الشمالية، شجر جراجاً في جميع أنحاء العالم - لإفادة من خشبها الجيد ونضج الورق. وهي أحادية المسكن لها أكواز ذكرية وأنثوية على الشجرة نفسها. ويمكن تعرف أنواع التيسا من أوراقها الإبرية الضيقة المتصلة بأوتاد صغيرة على أغصانها. كما يمكن تلمس هذه الأوتاد على غصن عتي تساقطت أوراقه.

أوراق الشوكية العملاقة (سكويادندرون جيجنتوم) دقيقة حراشفية الشكل تكاد نمط متكررة على الأغصان.



دورة حياة صنوبرية نموذجية

## الصنوبريات القديمة

صنوبر أمريكا الشمالية الهلي الكبران (بيتس لونجفا) هو أقدم الأشجار الحية في العالم. ويبلغ عمر بعض النقي منها أكثر من ٦٠٠٠ سنة! ويعكف العلماء على دراسة شتى حقائق النمو في جذوعها لتعرفوا تقلبات مناخ العالم عبر السنين.

## لمزيد من المعلومات انظر

- المناخات المتغيرة ص ٢٤٦
- الزهرات (النباتات الزهرية) ص ٣١٨
- نظام النقل في النبات ص ٣٤١
- النمو ومراحله ص ٣٦٢
- غابات المنطقة المعتدلة ص ٣٩٦
- حقائق ومعلومات ص ٤٢٠، ٤٢٢



# الزُّهْرِيَّات (النباتات الزهرية)



خبيثات اللقاح من أزهار أخرى  
تلقق على الميسم (الشعرة).  
زهرة الخشخاش يمتنع فيها  
إخصاب البويضات  
ذاتًا باللقاح  
من مآبر  
أسديتها.

تنتج خبيثات  
اللقاح (غبار  
الطلع) في مآبر  
الأسدية فتلتحم  
الخشبات الزائرة  
نفسه. وتنقل نسلها  
منه إلى أزهار أخرى.

الأزهار بروائحها الزكية وأشكالها البديعة وألوانها الجذابة ممتعة  
جمالية للإنسان منذ القدم. لكن الأزهار ما تنشأت لثمتنا - بل  
هي تطورت كوسيلة تناسل بأعضائها الذكورية (الأسدية) الحيطية  
التي تحمل حبوب اللقاح، والأنثوية (المدة) التي يتلقى ميسمها  
حبوب اللقاح، فيوصلها عبر القلم لإخصاب البويضات في  
المبيض. وقد تحوي الزهرة كلا الأسدية والمدة أو تقتصر على  
أحدها. الزهريات أنواع تزيد على ٢٥٠,٠٠٠ وتقسّم إلى فئتين  
رئيسيتين - ذوات الفلقتين، والوحيدة الفلقة. تتميز الثانية بالفلقة  
الواحدة في جنين بذرتها وبالتعريق المتوازي في أوراقها الطويلة؛  
بينما بذور الأولى ثنائية الفلقة ومُشابكة تعريق الأوراق.

نبلة الخيار

زهرة ذكورية

## التلقيح الريحي

يتم تأبير (تلقيح) النباتات  
العشبية بواسطة الرياح، إذ  
تندلى مآبرها فتذرو الرياح  
غبار الطلع منها في  
الهواء. وتتشكل الخبيثات  
إحدى كثرات فصائل  
النباتات الأحادية الفلقة.



زهرة أنثوية ذات  
مبيض طويل.

## أزهار مُفَصَّلة الجنس

خلافًا لزهرة الخشخاش الخشبي  
(التي تحوي أعضاء الذكر والأنثى  
معًا)، فإن نبتة الخيار (كيقوموس  
سانفس) ذات أزهار ذكورية أو أنثوية  
منفصلة. أما نبتة الكبوي المشمرة  
(أكينزيا تشاينسيس) فأزهارها  
أحادية الجنس إما ذكورية أو أنثوية.



تؤلف زهرة  
الخشخاش تحمي  
وريفتان كاسيتان وهما  
تشققان بعد تفتح  
الزهرة. زهرة الخشخاش  
المفتحة تدوي في  
اليوم التالي.

توجد خبيثات  
الخشخاش  
(المنثور) الزاهية  
الالوان تجذب  
النحل والخنافس  
والذباب.



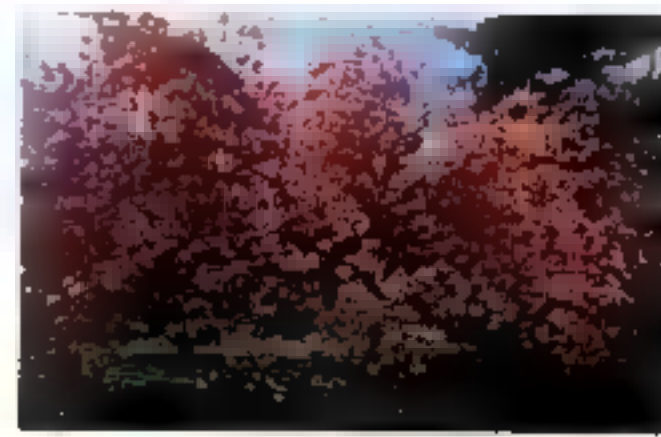
الخشخاش من ذوات الفلقتين،  
أوراقه شبكية الغروق، وأزهاره  
رباعية التوجيحات كالكنير من  
ذوات الفلقتين.

## الخشخاش الشائع

الخشخاش الشائع (البرقوق أو الشقيق)  
نبتة زهرية خويثة نموذجية؛ تنمو وتزهو  
وتبذر وتموت في موسم واحد.  
النباتات الخويثة سريعة النمو في أي  
بقعة مكشوفة من الأرض. فاليزور  
المشيرة تبقى هاجمة حتى تصبح  
الأحوال ملائمة للإنتاش. وقد يستغرق  
ذلك أحيانًا عدة سنوات. أما النباتات  
المعمرة فتعيش أكثر من موسم واحد؛  
وهي ذات جذور متطورة - يخترن  
بعضها الغذاء تحت الأرض في  
بصيلات أو غساقيل. بعض  
المعمرات يزهر مرة واحدة، لكن  
معظمها يزهر سنويًا.

## الأشجار والزهر

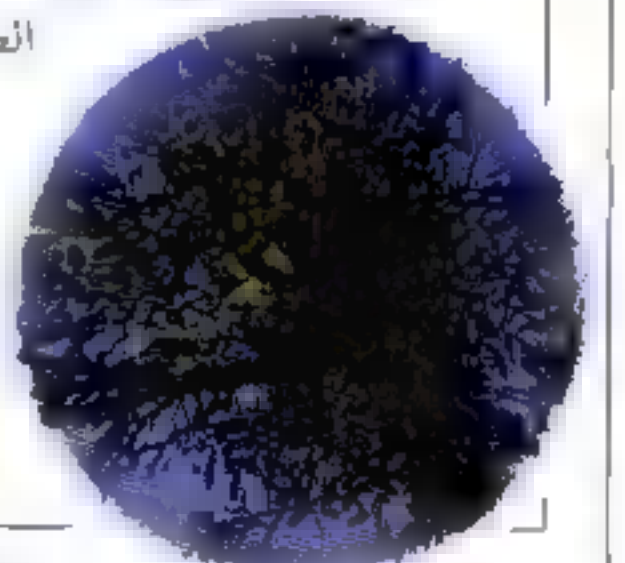
الشجرة نبتة ذات جذع خشبي  
طويل مفرد. بعض الأشجار  
صنوبرية إبرية أو خضفية  
الأوراق؛ ومنات أخرى من  
الزهريات عريضة الأوراق.  
أشجار الكرز تنتمي إلى المفصلة  
الوردية من الزهريات.



شجرة كرز مؤهزة (هروتر سولانا)

## النباتات الطفيلية

بعض النباتات تختلس كل غذائها أو بعضه من  
سواها. فجدور الهدال (فيسكوم ألبم) تخترق  
أغصان الشجر وتمتص نسلها. والهدال جزئي  
التطفل، إذ إنه قادر أيضًا بأوراقه الخضراء، على  
تصنيع الغذاء بالتخليق الضوئي. أما الرافليزيا،  
يزهرتها العملاقة، الميئة على  
الصفحة المقابلة،  
فهي نبتة طفيلية  
بالكامل.



زهيرات القراص

الصفراء تنتج غبار  
اللقاح والبويضات.

زهيرات شعاعية



## زهرة مركبة

زهرة الأقحوان (بليس برنس) زهرة مركبة. يتألف  
رؤسها من زهيرات عديدة صفراء لاطئة في قرص  
وسطى تحيط به زهيرات شعاعية حافية تحيل كل منها  
توجية (نبلة) واحدة بيضاء.



## التلقيح بالحشرات

بالمقارنة مع الحشرات، فإن القمعية الأرجوانية (ديجيتاليس بوروبيا) ذات أزهار معقدة حقًا. فتويجات الزهرة ملتصقة معًا كالقمع، وتمتد أعضاء الذكور والأنثى تحت سقف القمع. إن تشوُّ الشَّكل هذا يسمح لجنس واحد من الحشرات، هو النحل الطنان، بتلقيح الزهرة. في زهرة القمعية تنضج المأبر والسمة (الميسم) في أوقات متفاوتة بحيث يمتنع التلقيح الذاتي فيها. وعندما تدخلها نحلة طنانة فهي إما أن تجمع اللقاح عن مبر ناضج، أو تمسح اللقاح العالق بها من غير زهرة على السمة الناضجة. وتكرّر هذه العملية مع تنقل النحلة من زهرة إلى أخرى.

عندما تضل النحلة السمة تمسح عليها بعض اللقاح العالق بظهرها واجنحتها.



تنمو الأزهار القمعية بعضها فوق بعض في أعمدة طويلة، تتفتح الأزهار السفلية أولاً، وتنضج المأبر قبل السمة.



### زهرة عملاقة

تعيش نبتة الرافليزيا متطفلة بالكامل على جذور الدوالي (الكرونة) في جنوبي شرق آسيا. ويبلغ قطر زهرتها قرابة المتر، وهي الأثقل بين أزهار العالم. وتنبعث منها رائحة قوية كرائحة اللحم الفاسد تجتذب الذباب الملقح.



(تارسييس رشتراوس)

### التلقيح بواسطة الحيوانات

أويوسوم غربي أستراليا الصغير (تارسييس رشتراوس) يعتمد في غذائه بالكامل على الرحيق وخبيثات اللقاح. يمدد الأويوسوم لسانه الطويل الحرس إلى أعماق الأزهار، فتسحب خبيثات اللقاح من المأبر على وتره بينما يعلق على الميسم خبيثات لقاح نقلها من أزهار أخرى. كذلك تقوم الخفافيش بتلقيح أزهار العديد من أجناس الأشجار الاستوائية.

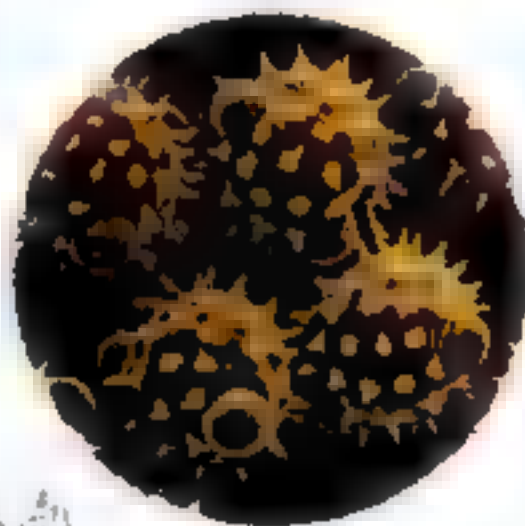
#### لمزيد من المعلومات انظر

الخلايا ص ٣٣٨  
التخليق الضوئي ص ٣٤١  
نظام النقل في النبات ص ٣٤١  
النمو ومراحله ص ٣٦٢  
التناسل الجنسي ص ٣٦٧  
حقائق ومعلومات ص ٤٢٠، ٤٢٢

تُرَخَّف النحلة قُدماً لتصل إلى المبر (الرحيق) في آخر القمع.

### خبيثات اللقاح

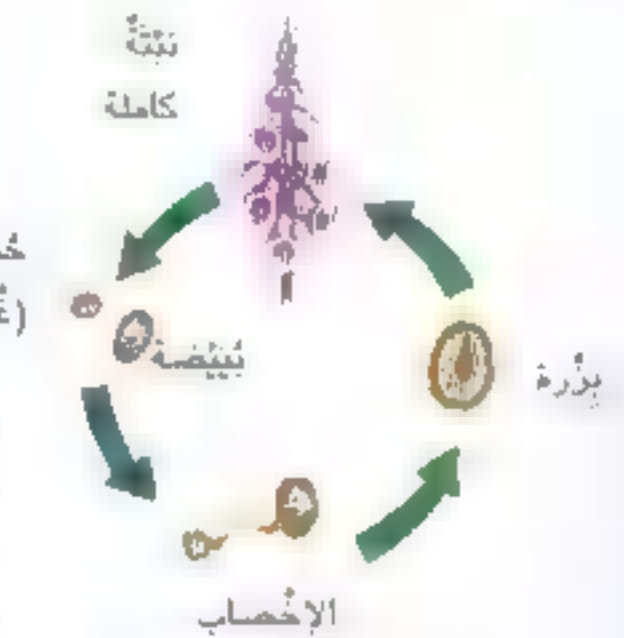
خبيثات اللقاح مخبرية غالباً لكنها شديدة المنة، ويغطي سطحها عادة أنماط معقدة من



الثغرات والتجاويف. تختلف باختلاف أنواع النبات. بعض خبيثات اللقاح التي تنثرها الرياح لها شبة أشعة دقيقة تسوقها الرياح.

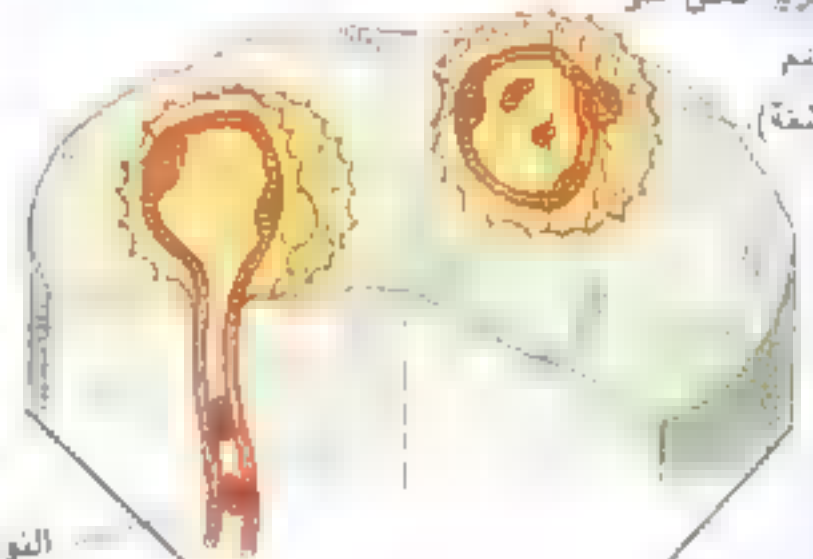
في خبيثات لقاح خشيشة السغال (متري لاچوغرافارا) أشواك حادة تعلق بوبر الحشرات.

النواة الذكورية تسري نزولاً في أنبوب اللقاح.



دورة حياة نبتة مزهرة نموذجية

خبيثات اللقاح الحاوية النوى الذكرية تعلق على الميسم (السمة).



أنبوب اللقاح ينمو نزولاً.

الميسم (السمة) - البذرة



### الإخصاب

تجد نوى الخلايا الذكرية والأنثوية معاً قبل تكوين البزور. فعندما تعلق خبيثة اللقاح على ميسم زهرة من النوع ذاته، تثبت الخبيثة بسرعة أنبوباً دقيقاً عبر الميسم والقلم إلى البنتزة. ويتم التلقيح عندما تتحد النوى الذكرية بالنوى الأنثوية، فيحدث الإخصاب.

تحمل النمل يزور أزهار الربيع





# قناديل البحر والشقائق البحرية والمرجانيات

قناديل البحر والشقائق البحرية والإسفنج حيوانات لافقارية (عديمة الصلب). تُولف اللاقاريات حوالي ٩٧ بالمئة من جميع أنواع الحيوان على الأرض، وتوجد بأنماط وأشكال شاسعة مدى التباين، وأساليها في الإغذاء والتناسل مختلفة ومتعددة. والكثير من اللاقاريات مائي العيش - بعضها يقضي حياته البالغة سابحاً أو مُنجرفاً مع التيار، بينما يظل البعض الآخر مُثبتاً في بقعة واحدة. والحيوانات الحزازية والإسفنجيات تُرشح غذاءها من الماء، أما قناديل البحر والشقائق البحرية والمرجانيات فهي من شعبة

النيداريات (القراصات) التي تُهاجمُ فرانسها بخيوطاتٍ لاسعة. والنيداريات كلها مُدوّرة الأجسام دون رأس أو ذيل، وذات تجويف هضمي وحيد المُفتحة.



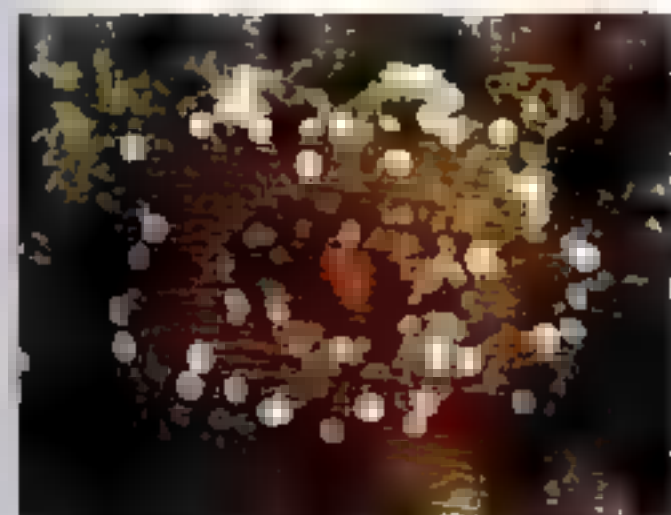
## مستعمرة حيوانات حزازية

تبدو المستعمرة الحيوانية الحزازية، بالعين المجردة، أشبه بنبته. وهي، في الحقيقة مجموعة من آلاف الحيوانات الدقيقة، يعيش كلٌ منها داخل خجيرة ضيقة. ويختلص طعامه بحفلة من اللوامس حول الفُتحة الوحيدة. وإذا أزعج الحيوان نكمت لوامسه داخل الخجيرة.



## الإسفنج

هل تعلم أن بعض أنواع إسفنج الحمام كان يما مضى حيواناً بحرياً حياً؟ الإسفنج الحي مُغطى بخلايا حاصلة مصحّية الغل، فيسري الماء عبر ثغوب الإسفنج إلى الداخل، ويخرج غلر فتحة حاصلة إلى الخارج بعد ترشيح واحتباس أي طعام صائح فيه بمصافي دقيقة إعداداً لامتصاصه.



## المرجانيات

بعض المرجانيات تعيش فرادى، وبعضها الآخر ينمو في مستعمرات كبيرة، ويتراكم بطء طبقة فوق طبقة مُشكلاً شعباً مرجانية. والمرجان ليلى الإغذاء غالباً، فتلتقط لوامسه جسيمات الغذاء وتجرفها إلى تجويفه الهضمي.

## لمزيد من المعلومات انظر

- الكائنات الحية ص ٣٠٥
- النمو ومراحل ص ٣٦٢
- التكاثر اللاجنسي ص ٣٦٦
- التناسل الجنسي ص ٣٦٧
- الشواطئ ص ٣٨٥
- حقائق ومعلومات ص ٤٢٠

العامّة (العزامة) هي  
نحلة مفردة ملبنة  
بالغار تعمل  
كالشراع.



الشونة الرُغائية  
(فيماليا فيزاليا) هي  
نيداري نموذجي

## النيداريات

العامّة الزرقاء الكبيّة  
الشكل لتوبة بُرغالية نذير  
حطرت للحيوانات البحرية  
وللمسبحين الذين يُقاربونها. إن  
قنديل البحر الحقيقي هو، في الواقع،  
حيوان مفردة يسير عبر الماء بحركة نباضة.  
لكن الشونة الرُغائية هي مستعمرة طافية من  
حيوانات عديدة من المُرجلات تعيش وتعمل  
معاً. بعض هذه المُرجلات يُكوّن لوامس طويلة تلتصق  
الغرائس وترفعها إلى الداخل. وبعضها مُختصص بهضم  
الطعام، بينما يقوم البعض الآخر بوظيفة التكاثر.

الشقائق البحرية  
تعيش فرادى أو في  
جماعات صغيرة.

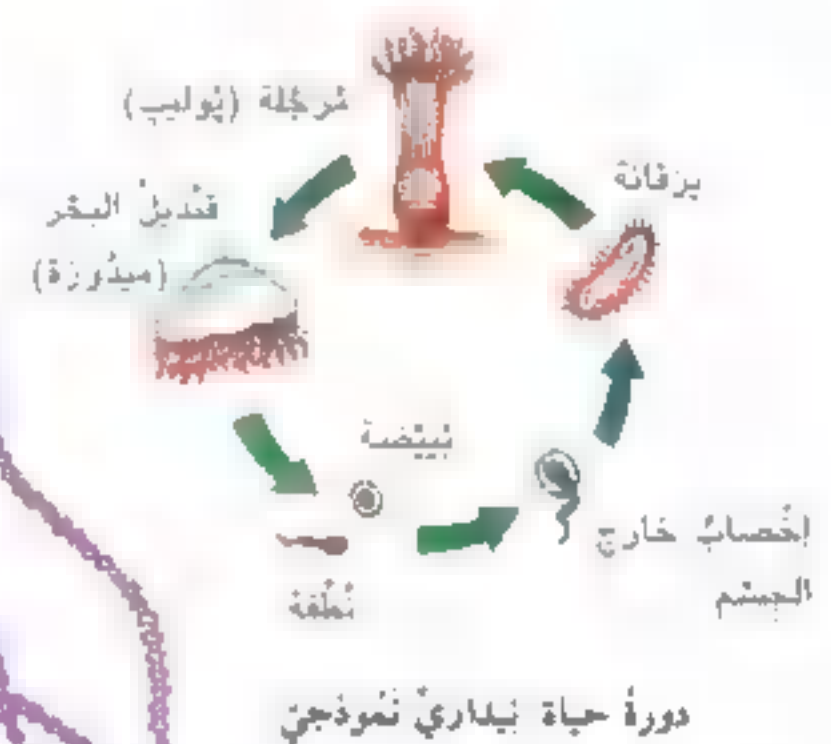
خارج الماء



تحت الماء

## الشقائق البحرية

إذا استنظفت شاطئاً صخرياً بعد الجزر، فقد تجد أحياناً نوافذ غلامية صغيرة لراحة لاصقة بالصحور - لعلها شقائق بحرية. وتثبت شقائق البحر بالخطير قُرُصٍ مضاصي. ويُشكّر الشقائق حلقة لوامسه تحت الماء لتصيد الحيوانات العابرة مانجوار مهاجم إياها بخيوطاته الخيطية (خيوطه اللامعة). أما أثناء الجزر فيسحب شقائق البحر لوامسه إلى الداخل حتى لا تجف.



يصل طول لوامس الشونة  
الرُغائية، مُتبسطة بالكامل، إلى  
٢٠ م. وإذا ما اصطاد لابس سمكة  
بنكمت ليشخبها ضفداً.

## لسع قنديل البحر

لوامس قنديل البحر مُغطاة بخلايا خاصة تحوي خيوطاً لاسعة وثيقة اللّف تُدعى خويصلات خيطية. فإذا لامس حيوان عابرٍ إحدى تلك الخلايا، تتفجر الخويصلات الخيطية نحو الخارج، وفي غضون جزء من الثانية تنقلب الخيوط باطنها ظاهراً طاعنة الفريسة بنهاياتها الحادة. مُعظم الخويصلات الخيطية يحقن الفريسة بالسم، لكن بعضها يلتف حول الفريسة لمنعها من الإفلات.

خويصلة خيطية

تتفجر نحو الخارج.



خويصلة خيطية  
ملتفة داخل خليتها.



## الديدان

إذا سرت على شاطئ البحر بعد الجزر،  
فقد تشاهد لفائف من الرمل

الموجلي أشبه بمعجون أسنان انتق من  
أنبويه. وهي في الواقع فضلات ديدان عروية  
حلقية خبيثة تحت سطح الرمل. هذه الديدان  
حيوانات ذات جسم طويل مشدب إلى حلقات  
عديدة؛ وهي كالخراطيم (ديدان الأرض)  
والعلق تنتمي إلى شعبة الحلقيات (الديدان  
المشددة) التي تولف قسماً صغيراً من الديدان  
التي كلها حيوانات لافقارية. هنالك شعبتان  
أخريان كبيرتان من الديدان هما شعبة الديدان  
المسطحة وشعبة الديدان المدورة (الممسودة)؛  
وكلتاهما غير مشددة يعيش الكثير منها طفلياً  
داخل الحيوانات الأخرى. والديدان الطفيلية  
عامة الانتشار في الحيوانات البرية لكنها تغزو  
أيضاً الحيوانات الداجنة والمذلة. ويتسبب  
بعضها في أمراض تصيب الإنسان كالعمى  
النهري (داء كلابية الذئب) وداء الفيل.



دورة حياة دودة مشددة نموذجية

الحلقات العائشة على اليابسة تلتصق عادة داخل  
البويضات ثم تنفصل بديناً مكتملة التكوين.

## الحلقات

الدودة العروية (أريثكولا ماريتيما) دودة  
مشددة تقضي معظم حياتها في جحر  
نرمي الشكل تحفره في الرمل الموجلي  
وتبطنه بالمخاط كيلا ينهار؛ وهي تغذي  
بفضة المياه عذبة. تنبت الدودة  
الجنيمات التي تحملها المياه وتهضم  
محتوياتها العضوية. ومن حين لآخر  
تعكس الدودة مسارها في الجحر حتى  
يبلغ ذيلها السطح، فتدق فضلات  
الرمل والوخل اللفافة عليه.

## الخراطون العملاقة

أستراليا هي موطن الخراطون العملاقة  
(ميجاسكوليدس أوشتراليس) التي قد يزيد  
طولها على ٣ أمتار. وتعيش هذه الديدان  
كأقاربها الأصغر، بأيتلاع التراب وهضم  
محتوياته العضوية.

## المعالجة بالعلق

جسم العلق مشدب ذو نمص في  
كلا طرفيه. يغذي الكثير من  
أنواع العلق بالدم؛ فيقر، بعد  
العض، مادة كيميائية مانعة  
للتجلط. وكان الأطباء فيما  
مضى يستخدمون العلق لفضيد  
الدم من المرضى.



بأستطاعة العلق أن تمتص بشرة كمية من الدم  
تساوي ثلاث أو أربع حبات ورثها.

## ديدان الصدوع

ديدان الصدوع العملاقة هذه  
شوهت للمرة الأولى عام  
١٩٧٧. فهي تستوطن قاع  
البحر حول قذات تنفق  
منها المياه المسحقة بركاتها  
غير قشرة الأرض. تحوي هذه  
الديدان ضراً من البكتيريا يستمد  
الطاقة من كيمويات تلك المياه.



## المنسودات

## (الديدان المدورة)

تعيش الديدان المدورة طفلياً أو  
مُشَدَّة، مُخَبَّنة عادة؛ وتتواجد  
بأعداد هائلة في التربة وفي النباتات.  
ويقول علماء الأحياء أنه لو أزيلت  
أشجار حرجية وترك ما عليها من ديدان  
مدورة لظل موقع الحرجة يتنا للبيان.



الصفريّة للبشرية  
(اسكاريس لثريكوئيدس).

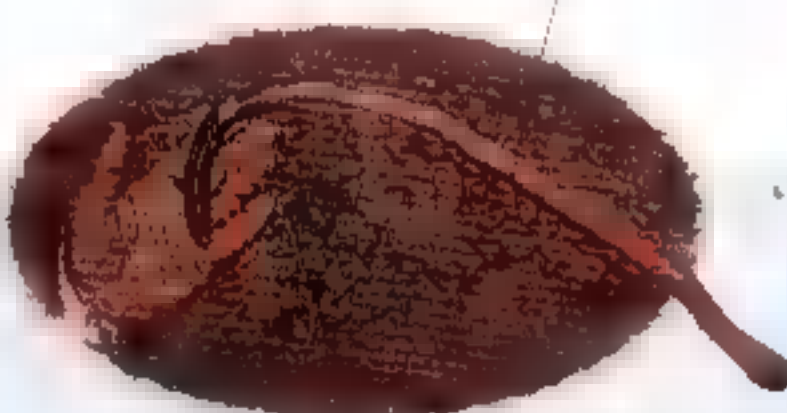
فضلات من  
الرمل والوخل  
الشريطية (الدودة  
الوحيدة)



## الديدان المسطحة

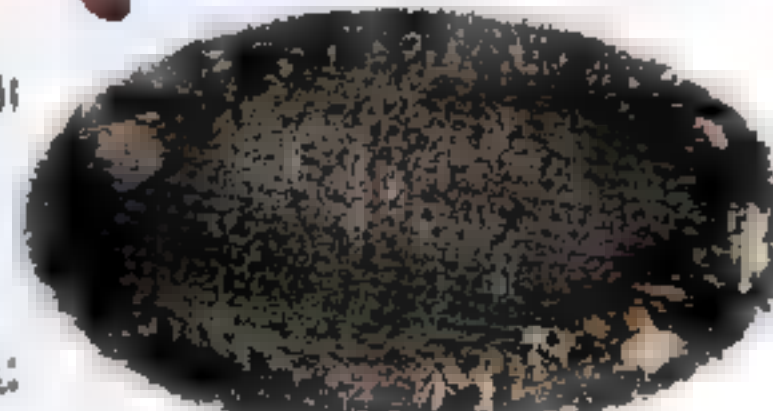
جسم الشريطية (الدودة الوحيدة)  
المسطح أشبه بمكنة طويلة  
لصنع البيوض. تعيش الدودة  
في أمعاء الحيوانات المضيفة،  
كالقط والكلاب، مُشَدَّة بها  
بواسطة المنصات والخطاطيف في  
رأسها. تمتص الشريطية الغذاء من  
عائلها (المضيف) وتطلق البيوض في  
أكياس تفصل عن جسمها.

تساعد الخراطيم في إحصاب التربة -  
لهي بحفرها طبقات التربة وتخليطها  
تيسر تهويتها وتخلل الماء فيها.



## الفنران البحرية

الفارة البحرية المشددة (أفروديت اكيوليانا)  
هي دودة لا تشبه الديدان شكلاً. فهي  
بجسم قبضة يد شخص بالغ، ذات جسم  
مفلطح عريض مُلَمَّح الهُدب. هذه الفنران  
تحفر جحوراً في الوحل والرمل في قاع البحر  
وتأكل ما يضادفها من الحيوانات الصغيرة.



## لمزيد من المعلومات انظر

- الهايكل الداعمة ص ٣٥٢
- الأغصان ص ٣٦٠
- النم ومارجله ص ٣٦٣
- التنازل الجنسي ص ٣٦٧
- المحيطات ص ٣٨٦
- حقائق ومعلومات ص ٤٢٠



# المفصليات

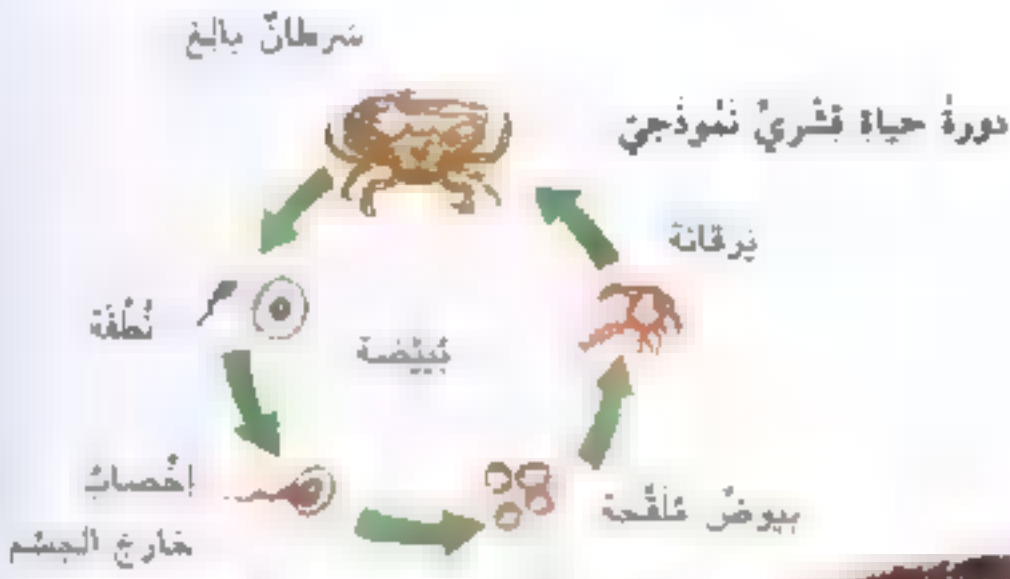
أكبر شعب اللافقاريات هي المفصليات. وهي حيوانات متمفصلة الأطراف، مُشدّفة الجسم ذات هيكل خارجي (قشرة صلبة خارجية). وهذا الهيكل مُتمفصل أيضًا بحيث تنشئ أجزاؤه لتسمح للحيوان بالحركة. وخلال التّمو يُطرَح الحيوان هيكله القشريّ هذا، من حين لآخر، ليتيسّر لجسمه النّمو والتّمدّد. أنواع المفصليات المعروفة لدى علماء الأحياء تُفوق المليون، ممّا يجعلها أضخم مجموعة من الأنواع الحيوانية على الأرض. تضم طائفة الحشرات قرابة ٩٠ بالمئة من هذه الأنواع، وتوزّع باقي أنواع المفصليات على طوائف العنكبوتات والقشريّات - (كالسرطان والكرّند) وكثيرات الأرجل (مزدوجات الأقدام - أليّة الأرجل، وشفوية الأقدام - مئوية الأرجل).



تعيش السرطانات (السلطعونات) العنكبوتية العملاقة في قاع البحر. إن قشرة الهيكل فيها مُغزّرة بالكالسيوم ممّا يجعلها صلبة بالغة المنة.

## القشريّات

يعيش معظم القشريّات في البحر، وهذا ييسّر لها التّمو إلى أحجام أكبر من مفصليات اليابسة لأن الماء يدفعه الطّفوي، يذغّم هياكل أجسامها الكبيرة. أضخم القشريّات هي السرطانات العنكبوتية (ماكروكيرا كيمفيري) التي قد تبلغ، ميسوطة الأرجل، ٣,٥ م. بالمقابل، فإن بعض القشريّات ضئيل الحجم جدًا؛ فبراغيث المياه العذبة، وهي من القشريّات، لا يزيد حجم الواحد منها على نقطة الكتابة. هذا وتعيش قلة من القشريّات، كحماير القبان على اليابسة وتنفس الهواء لكثتها، عادة، بحاجة إلى الرطوبة.



ليس للمفصليات هيكل عظمي باطني.

دورة حياة قشريّ نموذجي

الزّوج الأول من أرجل الحريش (أم أربع وأربعين) تنموز إلى كلابتيّ سافتيّ.



**مزدوجة الأقدام وشفوية الأقدام**  
مئوية الأرجل وأليّة الأرجل تبدو متماثلة تمامًا عن بُعد؛ لكن يمكنك التفرّق بينها بسهولة إذا ما تفحصتها بدقة. فمئوية الأرجل تحمل زوجًا واحدًا من الأرجل في كلّ شذفة، بينما أليّة الأرجل، المتشعبة الشّف زوجيًا، تبدو وكأن لها زوجين أرجلي في كلّ شذفة. كذلك فإن مئوية الأرجل صنادئ نشأ فرائسها بكلافتيها السافتيّ، في حين تغتدي أليّة الأرجل بالنباتات المتخلّلة. وينشع كلا النوعين إلى العيش في المناطق الرطبة المظلمة.

يتألف جسم الفئّة الأرجل من شذفٍ خلفيّة مُدمجة زوجيًا، فيبدو لها زوجان من الأرجل في كلّ شذفة.



## العقارب

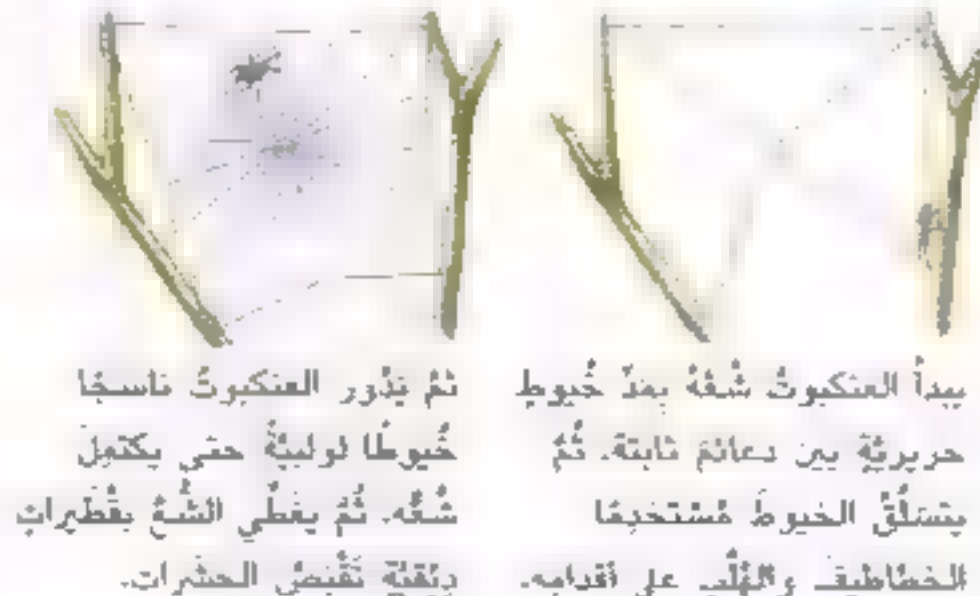
بعض العنكبوتات يتغذّى صغاره حتى تستطيع تدبّر أمورها بنفسها. فأش العقارب تلد صغارها مكتملة الشّكل، فتتغذى العقارب تظهر الأم وتمكث عليه فحبيّة بمخلب الذّبر الشام. وبعد أن تفرّخ الصغار جندها الممرّة الأولى تهبط من مخبئها إلى الأرض.



العنكبوت الوهقي يقبض فريسته بواسطة وهي دبقي الطرف، بدلاً من الشّع.

## عزّل الشّع

يشج العنكبوت شعه من خريز غني بالبروتين، ويتكوّن هذا الحرير داخل غدّة خاصّة في بطن العنكبوت ثم يُدقّ سائلًا غير قوّهات دقيقة تُدعى المغازل. ويتجمّد الحرير السائل بملافاة الهواء؛ وقد يستغرق نسج شج دائري، كالمبيّن هنا، قرابة الساعّة.



العنكبوت والعقارب والقراذ والفمّل تولّد طائفة من المفصليات تُدعى العنكبوتات - جميعها تقريبًا تستوطن اليابسة، ومعظمها صياد. العنكبوت الوهقي يقبض فرائسه بتدويم وهي خريزيّ دبقي الطرف في الهواء. فإذا غلقت خشرة مارة بالدبقي شدّها العنكبوت نحوه وبلّغها.



## الحشرات

لقد حقّقت الحشرات نجاحاً متميّزاً في العيش على اليابسة، وعزّز ذلك قدرته الكثير من أنواعها على الطيران. فالحشرة الطائرة تستطيع التجوال في مدى أوسع، وبذلك يتوفّر لها موارد أوفر من الغذاء. الزنبار (الدبور) حشرة طائرة نموذجية ينقسم الجسم فيها إلى رأس وصدر

ونظر، ولها زوجان من الأجنحة وقرنا استشعار.

وهي، كما الخنافس والفراش، كاملة التحول في مراحل النمو.

نُرتب صغار الزنابير في عش برعاية

الكبار، لكن صغار معظم الحشرات تقوم بشأن أنفسها. تعيش الحشرات البالغة غالباً في بيئة

تختلف عن بيئتها صغيرة. فبينما يعيش

السُرمان (أبو ذقن) البالغ في الهواء، فإن

يرقاناته مائة العيش - علماً أن بعض

الحشرات مائة العيش دوماً.

في الرأس عينان مركبتان كبيرتان  
وقرنا استشعار. تُقطع أجزاء  
الغذاء الطعام وتعلّق الحبوب  
عجيبة لصنع العسل.

الرأس

الصدر

المطر

### حشرات عديمة الأجنحة

الشبكة (الاحسة الشكر) حشرة صغيرة عديمة

الأجنحة. يُعرف منها حوالي ٣٠٠ نوع. وهي

كسائر الحشرات العديمة الأجنحة، تتغذى غالباً

بالبكتيريا الميتة. وتعيش أحياناً داخل المنازل حيث

تغذي بقضبان الطعام.

هذه الدورة الحياتية  
نموذجية للحشرات  
الكاملة التحول في  
مراحل النمو.

إخصاب داخل  
الجسم

نطفة

تؤنفة

خادرة

(عداء)

يرقانة

تؤنفة

نطفة

دورة حياة حشرة نموذجية

### فبيدات الحشرات

بعض الحشرات تافع وفهم في التلقيح

التهجين (الخلفي) للنباتات المزهرة.

وبعضها شره يأكل الثب ويلحق أضراراً بالغة

بالمحاصيل. يلقح المزارعون إلى رش حقولهم

بالببيدات الحشرية للتخلص من أضرار الحشرات.

لكن الكيمواويات المستعملة، لسوء الحظ، غالباً ما

تقتل الحشرات المفيدة والمضارة معاً.

### الخنافس القاذبة (الفاسياء)

طائفة الحشرات تستخدم وسائل

متباينة، وغريبة أحياناً، في صد

مهاجمتها. فالفاسياء القاذبة،

عند استشعار الخطر، ترم بطنها

فتمترج بعض الكيمواويات فيه

وتفاعل مفجرة من إبتها بخاراً ساماً

مخزناً تقذف به مهاجمها.



أجنحة الشرعوفة (فرس  
النبي) شبيهة بأوراق النبات

اشواك حادة في كلايتي  
الرجلين الاماميتين  
تقبض الفريسة المقتنسة.

### جان هنري فابر

عالم الحشرات الفرنسي فابر

(١٨٢٣-١٩١٥) أجرى أبحاثاً

مُستغصة عن حياة الحشرات نشرها

في سلسلة من الكتب. وقد نجحت

ملاحظات فابر، ومواهبه الكتابية

والتصويرية الفذة في إثارة اهتمام

عظيم بطائفة الحشرات.



وارجلها أشبه  
بالشوق

### الشرعوفة نهاجم فريستها

الشرعوفة (فرس النبي) بطيئة الحركة، لذا تعتمد التسلل

والتمويه في أصطياد فرائسها. فهي تخط على التربة طافية

أجبتها ورافعة رجلها الاماميتين (كمز يرفع يديه توشلاً)،

وتقع منتظرة. فإذا مرّت حشرة في مدى المضربة قبضتها

برجلها الاماميتين اللتين تعملان. بأشواكهما الحادة (بين

الفخذ والظنوب)، كالملازمة - فلا تستطيع الحشرة خلاصاً.

### لمزيد من المعلومات انظر

الإصدار ص ٢٠٤

الزهرينات (النباتات الزهرية) ص ٣١٨

الشم ص ٣٤٨

النمور ومزاجه ص ٣٦٢

الهاكل المداعمة ص ٣٥٢

الحركة ص ٣٥٦

الناسل الجنسي ص ٣٦٧

حقائق ومعلومات ص ٤٢٠، ٤٢٢



# الرَّخَوِيَّات

تولَّف الرَّخَوِيَّاتُ الشُّعْبَةُ الكُبْرَى الثَّانِيَّةُ مِنَ اللَّافَقَارِيَّاتِ. وَتَشْمَلُ أَكْثَرَ مِنْ ٩٠,٠٠٠ نَوْعٍ مُعْظَمُهَا مَائِيٌّ، وَالْقَلِيلُ مِنْهَا يَعِيشُ عَلَى الْيَابِسَةِ وَيَتَنَفَّسُ الْهَوَاءَ. الْجِسْمُ فِي الرَّخَوِيَّاتِ ظَرِيٌّ غَيْرُ مُشَدَّفٍ تَقِيهِ غَالِبًا مَحَارَةٌ صُلْبَةٌ. تُقَسِّمُ الرَّخَوِيَّاتُ إِلَى ثَلَاثِ طَوَائِفٍ أُولَاهَا: بَطْنِيَّاتُ الْأَقْدَامِ، وَتَشْمَلُ الْبَطْلِينُوسَاتِ وَالْفَوَاقِعَ وَالْحِلْزُونَاتِ الْبَحْرِيَّةَ (الْوَلُكَاتِ)، وَهِيَ ذَاتُ مَحَارَةٍ لَوَلْبِيَّةٍ أَوْ هَرَمِيَّةِ الشَّكْلِ؛ وَيَنْتَمِي الْبِرَّاقُ إِلَى بَطْنِيَّاتِ الْأَقْدَامِ لَكِنَّهُ غَالِبًا عَارٍ مِنَ الْمَحَارِ. ذَوَاتُ الْمِصْرَاعَيْنِ كَالصَّدْفِيَّاتِ وَبَلَحُ الْبَحْرِ، هِيَ ثَانِيَةُ الطَوَائِفِ، وَهِيَ رِخَوِيَّاتٌ مُزْدَوِجَةُ الصَّدْفَةِ يَتَّصِلُ مِصْرَاعَاهَا بِمُقْصَلَةٍ. وَالطَّائِفَةُ الثَّالِثَةُ هِيَ رَأْسِيَّاتُ الْأَقْدَامِ، وَتَشْمَلُ الْأَخْطَبُوطَاتِ وَالسِّيْدَجَاتِ (الْحَبَّارَاتِ الْكَبِيرَةِ)، وَهِيَ ذَاتُ صَدْفَةٍ صَغِيرَةٍ مَخْفِيَّةٍ دَاخِلَ الْجِسْمِ.

## تَزَاوُجُ الْبِرَّاقِ

يَتَزَاوَجُ هَذَانِ الْبِرَّاقَانِ مُغْلَقَيْنِ مِنْ خِيْطٍ مُخَاطِيٍّ لِرُجٍّ. يَكِلَا الْبِرَّاقَيْنِ لِحُشِي (مُزْدَوِجِ الْجَنْسِ)، فَيَنْدُ الثَّرَاوِجُ يَتَلَاوُحُ جَسْمَاهُمَا وَيَبَادِلَانِ السُّطُوفَ غَيْرَ أَعْضَاءٍ تَنَاسُلِيَّةٍ خَاصَّةٍ، ثُمَّ يَضَعُ كُلُّ بِرَّاقٍ بِيوضَهُ لَاحِقًا. وَالْمِيزَةُ الْخُتَوِيَّةُ لَيْسَتْ غَرِيْبَةً فِي عَالَمِ الرَّخَوِيَّاتِ؛ فَبَعْضُ مِنْهَا يَبْدَأُ حَيَاتَهُ ذَكَرًا أَوْ أُنْثَى ثُمَّ يَتَحَوَّلُ إِلَى الْجَنْسِ الْآخَرِ تَالِيًا.

البرِّاقُ الكبير (اليماكس)  
ماكسيموس



## رَأْسِيَّاتُ الْأَقْدَامِ

السِّيْدَجَاتُ (أَوْ الْحَبَّارَاتِ) الْعِمْلَاقَةُ هِيَ الْأَكْبَرُ بَيْنَ رَأْسِيَّاتِ الْأَقْدَامِ، وَالْأَكْبَرُ أَيْضًا بَيْنَ اللَّافَقَارِيَّاتِ. تَعِيشُ الْحَبَّارَاتُ فِي أَعْمَاقِ الْبَحَارِ حَيْثُ تَصْطَادُ فَرَانِسَهَا بِمِجَنَّبَاتٍ تُغَطِّيهَا الْمَمْصَاتُ. وَمِثَالُكَ قِصَصُ رَوَايَاتٍ عَدِيدَةٍ غَيْرِ مُوثَّقَةٍ عَنِ سِيْدَجَاتِ هُولِيَّةٍ؛ لَكِنْ يُعْرَفُ أَنَّ الْعِمْلَاقَ مِنْهَا قَدْ يَتَجَاوَزُ طَوْلُهُ ١٥ م.



الأخصاب داخل في فواقع  
اليابسة. فالصغار تنبش  
داخل البيضة ثم تنفصل  
فويقعات صغيرة.

منقب (مضغ)



قدم عضلية كبيرة

## بَطْنِيَّاتُ الْأَقْدَامِ

الْوَلُكُ الشَّامِخُ (بِكْسِيْتِيومِ أُنْدَاتُومِ) رِخْوِيٌّ نَمُوذَجِيٌّ مِنْ بَطْنِيَّاتِ الْأَقْدَامِ؛ لَهُ قَدَمٌ عَضَلِيَّةٌ كَبِيرَةٌ وَمَحَارَةٌ مُنْقَعَةٌ بَنَّا (بِاتِّجَاهِ عِقَارِبِ السَّاعَةِ) - عَلَمًا أَنَّ قَلَّةً فَقَطْ مِنْ مَحَارِ بَطْنِيَّاتِ الْأَقْدَامِ تَلْتَفُّ بِالْأَنْجَاءِ الْمُعَاكِسِ. الْمَحَارَةُ تُفَرِّزُهَا طَبَقَةٌ خَاصَّةٌ مِنَ الْجِسْمِ تُدْعَى الْذَّنَارُ. يَعِيشُ الْوَلُكُ تَحْتَ الْمَاءِ وَيَتَنَفَّسُ بِالْخِيَاشِيمِ، بَيْنَمَا الْمُنْقَبُ فَوْقَ الرَّأْسِ يُجْرِي الْمَاءَ إِلَى الْحُجْرَةِ الَّتِي تَحْتَوِيهَا.



## الْمَخْرُوطِيَّاتُ الْمَقْتَرَنَةُ

الْمَحَارُ الْمَخْرُوطِيَّةُ، مِنْ بَطْنِيَّاتِ الْأَقْدَامِ، نَهَاجُهُمْ فَرَانِسَهَا بِسَمِّ قَاتِلٍ. فِذَا مَا اقْتَرَبَ حَيَوَانٌ صَغِيرٌ مَدَى الْفُتْرَةَ، يَنْقُبُ الْمَخْرُوطِيُّ خُرُومَةً كَالْخُرُوبَةِ بِسُرْعَةٍ حَافِيًا قَرِيبَةً بِسَمِّ شَالٍ. إِذْ سَمَّ بَعْضُ الْمَخْرُوطِيَّاتِ قَاتِلًا حَتَّى الْبَشَرَ!

بلح البقر الشائع  
(ميتلوس)  
(إيدوليس)



الأخطبوط الشائع (أكتوپوس فلجارس)

## رِخْوِيٌّ ذَكِيٌّ

الْأَخْطَبُوطَاتُ ذَاتُ بَصَرٍ حَادٍّ وَأَذْمَعَةٍ كَبِيرَةٍ؛ وَلَعَلَّهَا الْأَذْكَى بَيْنَ الْفَقَارِيَّاتِ. فَهِيَ تَتَذَكَّرُ الْأَشْكَالَ وَالْأَلْوَانَ وَتَجِدُ السَّبِيلَ إِلَى طَعَامِهَا بِسُرْعَةٍ. وَهِيَ، كَالْحَبَّارَاتِ، تَسْتَطِيعُ التَّحَرُّكُ بِسُرْعَةٍ سَجَّ نَافُورَةٍ مَائِيَّةٍ إِلَى الْخَلْفِ غَيْرَ عُضْوٍ قَمْعِيٍّ.

## ذَوَاتُ الْمِصْرَاعَيْنِ

تَقْضِي بَلَحُ الْبَحْرِ مُعْظَمَ حَيَاتِهَا مُتَبَتَّةً فِي الصُّخُورِ بِخِيوطٍ لَبَقِيَّةٍ مُتَبَتَّةٍ. وَهِيَ، كَمُعْظَمِ ذَوَاتِ الْمِصْرَاعَيْنِ، تَضَعُ الْمَاءَ غَيْرَ خِيَاشِيمِهَا، وَتَقْتَدِي بِالْجُسَيْمَاتِ الْغِذَائِيَّةِ الصَّغِيرَةِ الَّتِي تُحْتَسِلُ مِنَ الْمَاءِ الْعَابِرِ. بَعْضُ ذَوَاتِ الْمِصْرَاعَيْنِ خَفَّارٌ وَمُنْقَلٍ - بَلْ إِنَّ الْقَلِيلَ مِنْهَا، كَالْإِسْقَلُوبِ (الْمَحَارِ الْغَرُوحِيَّةِ)، سَبَّاحٌ

### لمزيد من المعلومات انظر

- الهياكل الداعمة ص ٣٥٢
- الحركة ص ٣٥٦
- الدماغ ص ٣٦١
- النمو ومراحله ص ٣٦٢
- التناسل الجنسي ص ٣٦٧
- خفايا ومعلومات ص ٤٢٠



# نَجْمُ الْبَحْرِ وَالزَّقِيَّات

يُؤَلَّفُ نَجْمُ الْبَحْرِ وَقُرْبَاهُ مِنْ قَنَافِدِ الْبَحْرِ وَخِيَارِ الْبَحْرِ شُعْبَةً مِنَ الَّلَافَقَارِيَّاتِ، تُدْعَى شوكِيَّاتُ الْجِلْدِ (الشُّوكْجَلْدِيَّاتِ)، تَتَمَيَّزُ بِأَجْسَامِ خُمَاسِيَّةِ الْبُنْيَةِ. فَتَجْمُ الْبَحْرِ مِثْلًا، لَهُ فِي الْغَالِبِ خَمْسُ أَذْرُعٍ، وَخَمْسُ مَجْمُوعَاتٍ مِنَ الْأَعْضَاءِ التَّنَاسُلِيَّةِ، وَجِهَازٌ هَضْمِيٌّ خُمَاسِيٌّ التَّفَرُّعِ. وَشوكِيَّاتُ الْجِلْدِ جَمِيعُهَا ذَاتُ هَيْكَلٍ دَرَقِيٍّ صَفَانَحِيٍّ كِلْسِيٍّ. أَمَّا الشَّجَاجَاتُ الْبَحْرِيَّةُ فَتُؤَلَّفُ شُعْبَةً مُتَفَصِّلَةً تُدْعَى الزَّقِيَّاتِ تَتَمَيَّزُ بِأَجْسَامٍ طَرِيَّةٍ كَيْسِيَّةِ الشَّكْلِ، وَيَرْقَانَاتٍ شُرْعُوقِيَّةٍ.



رُؤُوسُ  
الْوَامِسِ  
حَسَّاسَةٌ لِلضَّوءِ،  
مِفَا يُسَاعِدُ نَجْمَ  
الْبَحْرِ فِي تَلَقُّبِ  
الشَّقُوقِ الظِّلِّيَّةِ.

## الأقدام الأنبوبية

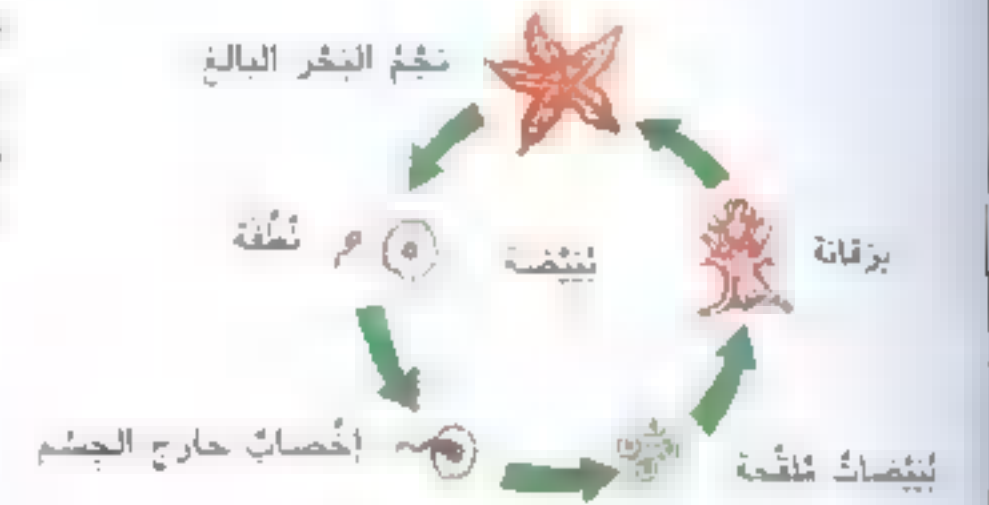
فِي الْجَانِبِ السُّفْلِيِّ مِنْ ذِرَاعِ  
نَجْمِ الْبَحْرِ صَفَانٌ مِنَ الْأَقْدَامِ الْأَنْبُوبِيَّةِ  
الْمُعْتَمِدَةِ عَلَى الْمَاءِ، تَرْبِطُهَا شَبَكَةٌ مِنَ الْأَقْبِيَّةِ  
الِدَاخِلِيَّةِ. الْقَدَمُ الْأَنْبُوبِيَّةُ تَنْتَهِي بِمِصْبُ،  
وَيُمْكِنُ تَحْرِيكُهَا مُسْتَقِلَّةً عَنْ سِوَاهَا.  
وَتُسْتَخْدَمُ هَذِهِ الْأَقْدَامُ لِلتَّحَرُّكِ  
وَقَبْضِ الْفَرَاغِ.

الشرج

إِذَا فَقَدَ نَجْمُ الْبَحْرِ  
ذِرَاعًا يَسْتَطِيعُ  
إِنْمَاءَ أُخْرَى  
مَكَانَهَا.

## شوكيات الجلد

نَجْمُ الْبَحْرِ، كَسَائِرِ الشُّوكِيَّاتِ، ذُو  
هَيْكَلٍ صَفَانَحِيٍّ كِلْسِيٍّ تَكْشُوهُ طَبَقَةٌ خَلَوِيَّةٌ رَقِيَّةٌ.  
وَتُغَطِّي الصَّفَانِحُ نَوَاطِئَ صَغِيرَةً وَأَشْوَالًا - إِضَافَةً  
إِلَى كَلَابِيَّاتٍ صَغِيرَةٍ تَمْنَعُ صَغَارَ الْحَيَوَانَاتِ مِنَ  
الِاسْتِقْرَارِ عَلَيْهَا. وَالصَّفَانِحُ مُتَفَصِّلَةٌ تَسْمَحُ لِلْحَيَوَانَاتِ  
بِالتَّسْتِ. النِّعْمُ فِي نَجْمِ الْبَحْرِ يَتَوَشَّطُ الْأَذْرُعَ فِي جَانِبِ  
جَنْبِهِ السُّفْلِيِّ؛ وَهُوَ عِنْدَمَا يَقْتَنِذُ، يَدْفَعُ بِمِعْدَنِهِ  
خَارِجًا غَيْرَ النِّعْمِ قَالِبًا إِلَيْهَا ظَهْرًا لِنَظَرِ.



دورة حياة حيوان شوكي نموذجي

يُفْتَضِلُ الْمَاءَ  
مِنْ هَذَا

يُطْرَدُ الْمَاءُ  
مِنْ هَذَا

لِلرَّقَانَاتِ حَيْلٌ  
ظَهَرِيٌّ - وَهَذَا  
يُعْتَبَرُ سَلِيفَ  
الضُّلْبِ فِي  
الْفَقَارِيَّاتِ.



## الزَّقِيَّات

تُجَاجَاتُ الْبَحْرِ الْبَالِغَةُ حَيَوَانَاتٌ صَغِيرَةٌ تَسْتَصْفِي الْغِذَاءَ مِنَ مِيَاهِ  
الْبَحْرِ؛ وَهِيَ تَعِيشُ فَرَادَى أَوْ جَمَاعَاتٍ مُتَنَصِّفَةً بِالضُّخُورِ  
غَالِبًا. أَمَّا الرَّقَانَاتُ فَتَسْبِغُ بِحُرِّيَّةٍ، وَتَبْدُو مُخْتَلِفَةً تَمَامًا، إِذْ هِيَ  
شُرْعُوقِيَّةُ الشَّكْلِ.

تَبْرُرُ الْأَقْدَامُ الْأَنْبُوبِيَّةُ  
غَيْرَ الثَّقُوبِ.

يَعِيشُ دُولَارُ الرَّمْلِ  
فِي قَاعِ الْبَحْرِ فِي  
الْمِيَاهِ الضَّخْلَةِ،  
وَيَقْتَنِذُ بِخَيْمِ  
الْجُسَيْمَاتِ  
الدَّقِيقَةِ الصَّالِحَةِ  
لِلْأَكْلِ.



## دولار الرمل

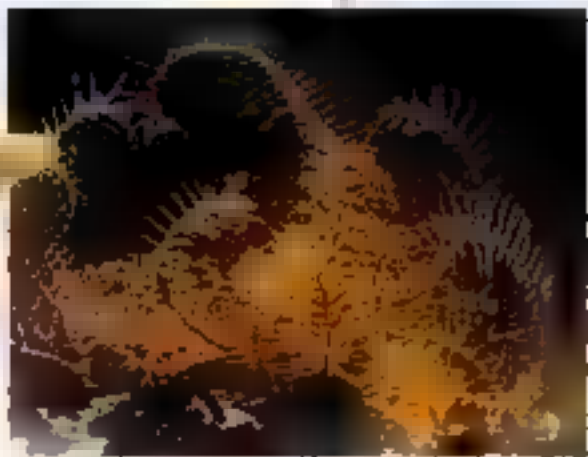
دُولَارُ الرَّمْلِ قَنْفَذٌ بَحْرِيٌّ قَصِيرُ الْأَشْوَالِ مُقْلَطُحُ الدَّرَقَةِ جَدًّا،  
مَحِثٌ يَبْدُو كَقَرَصٍ مِنَ الْبِكُوَيْتِ أَوْ كَقِطْعَةٍ نَقْدِيَّةٍ مَعْدِيَّةٍ كَبِيرَةٍ.  
وَعِنْدَمَا تَسْرِي الْأَشْوَالُ بِالْحِثِّ بَعْدَ مَوْتِهِ، يُمَكِّنُكَ مُشَاهَدَةُ نَعْمِ  
مُعْتَدٍ مِنَ الثَّقُوبِ حَيْثُ كَانَتْ تَبْرُرُ الْأَقْدَامُ الْأَنْبُوبِيَّةُ سَالِقًا.

دَرَقَةٌ (هَيْكَلٌ)



## قَنَافِذُ الْبَحْرِ

تَبْدُو قَنَافِذُ الْبَحْرِ مُخْتَلِفَةً جَدًّا، فِي  
شَكْلِهَا. عَنْ نُجُومِ الْبَحْرِ، لِكُنْ بَنَّةٍ  
الْجَسْمِ تَحْتَ الْأَشْوَالِ خُمَاسِيَّةٍ  
مِثْلَانَّةِ الْأَجْزَاءِ. دَرَقَةُ قَنْفَذِ الْبَحْرِ  
مُسْتَدِيرَةٌ، وَالنِّعْمُ فِي الْجَانِبِ السُّفْلِيِّ  
مِنْهَا. يَقْتَنِذُ الْحَيَوَانُ بِالْمُرْحَفِ فَوْقَ  
الشُّحُورِ كَاشِطًا مَا عَلَيْهَا مِنْ بَنَاتٍ  
وَحَيَوَانَاتٍ صَغِيرَةٍ بِأَسْنَانِهِ الْخَمْسِ.



نَجْمُ الْبَحْرِ ذُو  
الْأَكْلِ الشُّوكِي  
نَجْمُ الْبَحْرِ الرُّبِّيَّ



## لِمَزِيدٍ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ انْظُرْ

الشَّمُ وَمَرَاكِزُهُ ص ٣٦٢  
التَّنَاسُلُ الْجِنْسِيُّ ص ٣٦٧  
الشَّوَابِطُ ص ٣٨٥  
الْمَحِيطَاتُ ص ٣٨٦  
حَقَائِقُ وَمَعْلُومَاتُ ص ٤٢٠



# الأسماك

منذ ما يزيد على ٤٠٠ مليون سنة كانت تَسبح في بحار العالم حيوانات مُدرَّعة غريبة تُدعى مَحَارِيَات الجِلْد. لم يَكُنْ لها فُكَّان ولا زعانف، لكن كان لها عمود فقاري جعلها أولى الفقاريات على الأرض. حاليًا تعيش الأسماك، وهي السلائل المائية لتلك الحيوانات، في شتى بحار العالم وبُحيراته وأنهاره. الأسماك خارجية الحرارة (باردة الدم) - تتغير درجة حرارتها تبعًا لمحيطها، ويقل نشاطها بانخفاض درجة حرارة البيئة. هنالك أكثر من ٢١٠٠٠ نوع من الأسماك، وهي في معظمها ذات فكين، مَشِيقة الجسم ومُعَظَّاة بالحراشيف غالبًا. والأسماك تتنفس الأكسجين المُذاب في الماء بواسطة الخياشيم.



## أسنان القرش

أسنان القرش هي نسخة من الحراشيف أكبر وأخذ من تلك التي تغطي جسمه. تنمو أسنان القرش باستمرار، وكأنها على خط إنتاج، بدق من مؤخرة الفك - مُتَبَعَةً قُدماً وتدرجياً حتى تُصبح في مقدمة الفم. وإذا سقطت إحداها سرعان ما تحل السرة الخلفية محلها.



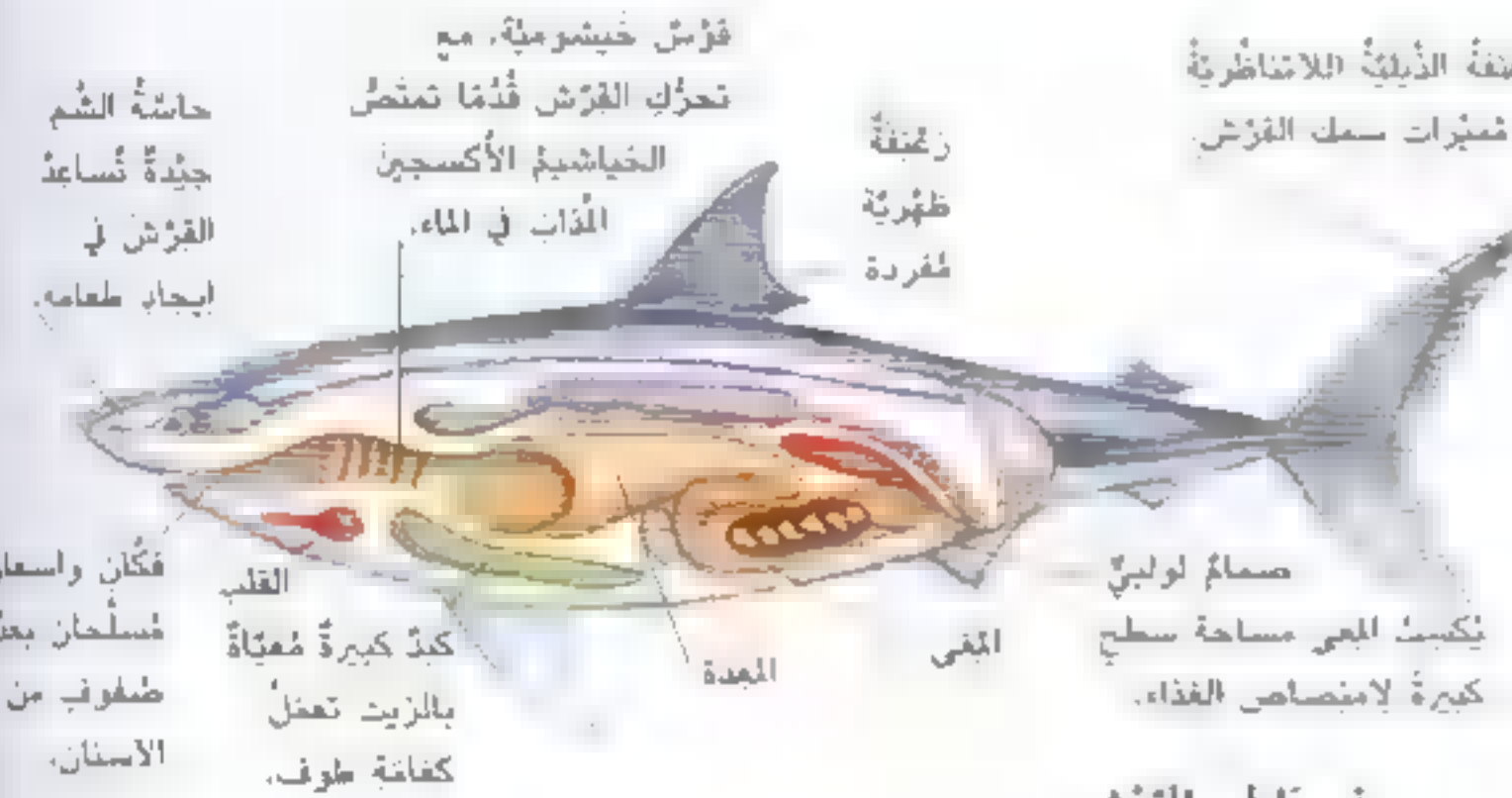
زوج من الزعانف الصدرية يُستخدم للتوجيه وضبط السرعة والتوازن.

حراشيف متراكبة شبيهة بالشكل

غلاف البيض مُعلق حول عشية بحرية.

## كَلْبُ الْبَحْرِ

كَلْبُ الْبَحْرِ قُرْشٌ صَغِيرٌ يَسْتَوْلِي المياه الضحلة. عند التزاوج يُخصب الذكر بيوض الأنثى داخل جسمها. ثم تضع الأنثى بيوضها في غلافات جلدية تعلق حول الأعشاب البحرية. والمعروف أن كلاب البحر لا تحرر بيوضها.



الرغفنة الذيلية اللاتناظرية من سميات سمك القرش.

رغفنة ظهرية مفردة

قُرْشٌ خَيْشُومِيَّةٌ، مع تحريك القرش قُدماً تمتص الخياشيم الأكسجين المُذاب في الماء.

حاشية الشحم جيدة تُساعد القرش في إيجاب طعامه.

فكَّان واسعان مُسلَّحان بعدة صفوف من الأسنان.

القلب كبد كبيرة مُعَبَّاة بالزيت تعمل كغفلة طوف.

المعدة

المغى

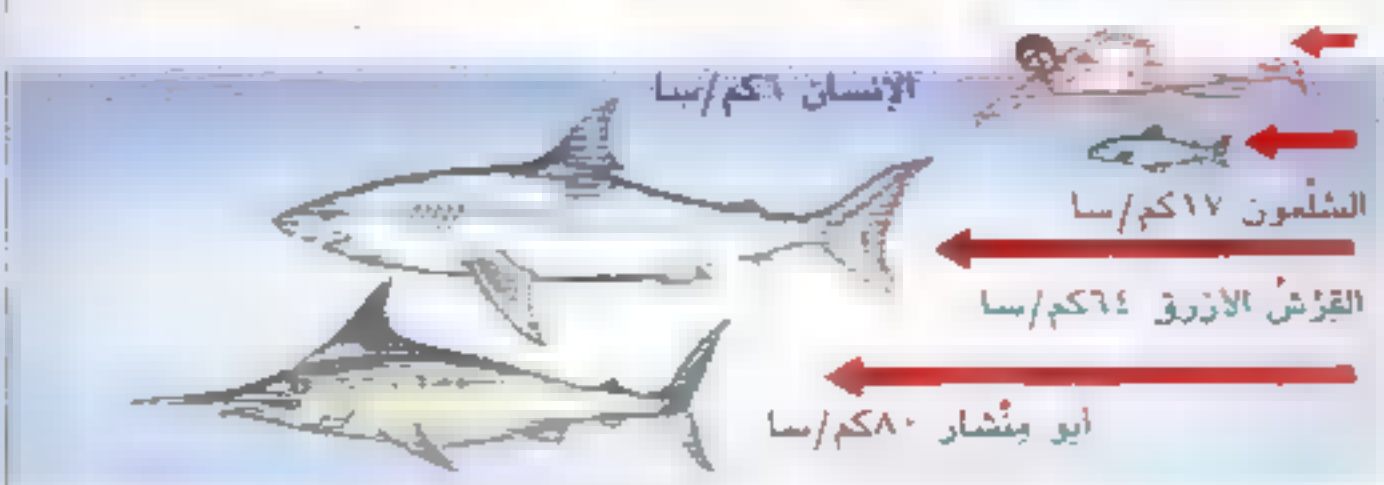
صمام لولبي يُكبس المجر مساحة سطح كبيرة لامتصاص الغذاء.

## في باطن القرش

يتألف جسم القرش في معظمه من عضلات يستعملها في السباحة، وهي مُرتبة في كتل شاذية كما في سائر الفقاريات. وتُنتج جزء من معنى القرش لولبيًا فيكبس الدم القوي مساحة سطح كبيرة لامتصاص الغذاء. كما تُساعد الكبد الكبيرة على بقاء القرش طافيًا.

## سُرعات الأسماك

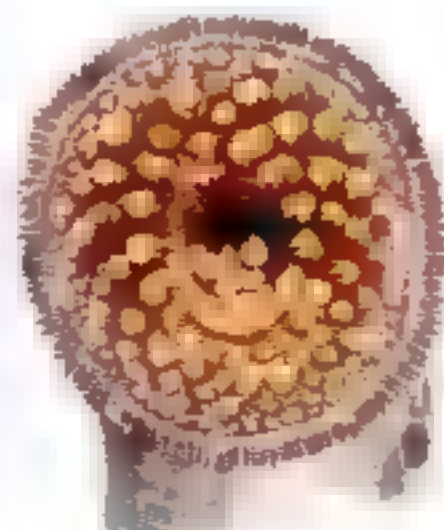
على العموم تزداد سرعة السمكة بزيادة أنسيابية جسمها. ومعظم الأسماك أسرع سباحة من الإنسان الذي مُعدَّل سرعته ٦ كم/سا، للمسافات القصيرة.



## الأسماك العديمة الفكَّين

فئة من الأسماك، كالجلكي والجريث، تحوي بعض سمات الأسماك البدائية. فهي عديمة الفكَّين والزعانف الزوجية، وتفتحت خياشيمها كَوَات لا مُقَوَّب. هنالك قرابة ٧٠ نوعاً فقط من هذه الأسماك. تعيش الجلكي البالغة طِفلياً على الأسماك الأخرى، فيما تستغني صغار الجلكي الجُسيمات الغذائية من الماء.

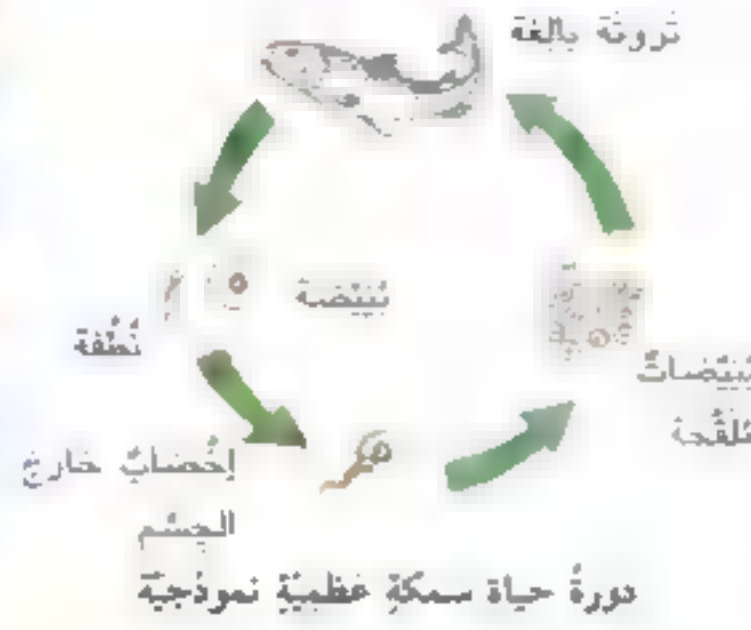
فم الجلكي البالغة ذو خطاطيف (كلاليب) مُرتبة خلفاً تُمكنها من التعلق بالأسماك الأخرى وامتصاص دُمها.





## الأسماك العظمية

السلمون المرقط (الثروة) وجميع الأسماك المنيئة في هذه الصفحة، تنتمي إلى فئة الأسماك العظمية - تجرى قنات الأسماك الثلاث. هذه الأسماك لها هيكل عظمي، وجراب خاص مليء بالغاز، يدعى المثانة الهوائية، يعمل كغامة داخلية. وتغطي أجسامها عادة خراشيف ذويرة مسطحة رقيقة، والخياشيم مذبذبة خلف سدلة تسمى الوصاد. وخلال الـ ٢٥٠ مليون سنة الأخيرة، نشأت ضروب مذهبة من الأسماك العظمية المختلفة الأشكال والألوان والحجوم.



حراشف متراكبة رقيقة تغطي الاحتكاك بين السمكة والماء.

الراسع شغلي بصفايح عظمية



ينفتح فم الثروة فجأة وسريعا لاستقبال الحيوانات الصغيرة.

يغطي الخياشيم وصاد تساعد حركته، فلما وغلقا، في ضخ الماء فوقها.

زخفتان صدريتان لتوجيه الحركة.

القلب

المعدة

### الأسماك الشبيهة

الخطير الأعظم السحوق سمع  
الأسماك مبدرة الأسماك المنقرضة  
الأخرى "السمكة الشبيهة" (داودون هينريكس) تنفي هذا الخطر باستلاخ خرج كبيرة من الماء حتى تنفخ كالنور وتنفتح أشواكها. وبالرغم من أنها تكاد لا تستطيع السباحة متفوخة، فإنها بأشواكها المنصبة في

مائي من أي قحوم.



### فرس البحر

الكثير من الأسماك العظمية تضع أعدادا لا حصر لها من البيض، ولا تهتم برعاية صغارها لاحقا، بخلاف فرس البحر فأش فرس البحر تضع عددا قليلا من البيض في جراب خاص على بطن الذكر الذي يحضن البيض حتى يفقس، ثم يقوم على رعاية الصغار. وهكذا، فالرغم من أن أفراس البحر تضع بيوضا أقل، إلا أن كلاً منها تغطي بفرصة أوفر للبقاء.

بالأنقليس زؤج من الزعانف قوس البحر وايت الصدرية، ولا زعانف حوضية. (هيوكامبوس هوابتي)



### الأنقليس (ثعبان السمك)

الأنقليس يشبه الثعابين في شكله العام، لكن زعانفه وخياشيمه تشين أنه من الأسماك. أنقليس الفواوي الأخضر (جمنوتوراكس برازينوس) نموذجي لفصيلته، يكمن في المخايي الصخرية ويهاجم الحيوانات العابرة بأسنانه الحادة. تبدأ دورة حياة الأنقليس كيرقانة دقيقة مختلفة الشكل نماء عن الأنقليس البالغ، وتستغرق البرقانة عدة سنوات بالنمو إلى طور البلوغ.



### الأسماك الطائرة

السمكة الطائرة تفلت من أعدائها بالإطلاق في الهواء مذبذبة غير سطح البحر لتستأب طائرة في الهواء قرابة ١٠٠م قبل أن تغوص ثانية في الماء. إن "جناحي" السمكة الطائرة هما زخفتان مضخمتان، لأنواع السمك الطيار زوج واحد من الزعانف أو زوجان. كل هذه السمكة أعلا.

الأسماك العظمية ذات زعانف ذبذبة منتظمة. الزعنفة الذبذبة تدفع السمكة قدما.

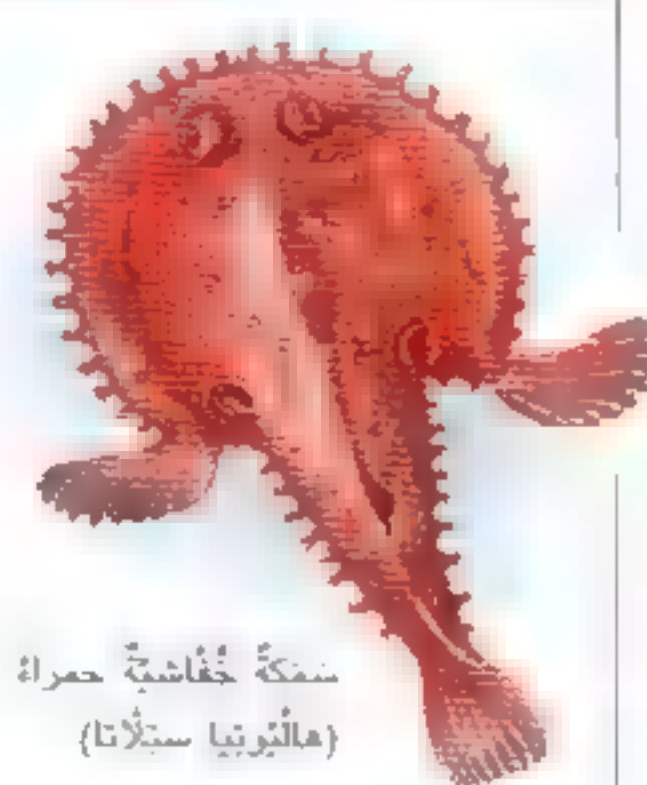
الزعنفة الشرجية تكسب السمكة استقرارا وتوازنا.

حواس خاصة في الخط الجانبي (أنبوب تحت الجلد، في جانبي الجسم، يملأ مائع) تكشف حركة التيارات أو الحيوانات الأخرى في الماء.

المثانة الهوائية معدلة لطفوي متعادلة بحيث لا تغوص السمكة في الماء ولا تغوص.

### أسماك الأعماق

في أعوار البحر الشحيحة لا يوجد ضوء ولا نبات؛ فعلى الكائنات في تلك الأعماق إما أن تتغذى بالفضلات، الهابطة من الطبقات العليا، أو بالحيوانات الأخرى. والأسماك الخفاشية هي من بين أغرب الأسماك في قاع البحر؛ وهي تفتت بالآلقاربات والأسماك الصغيرة، وتجوئ متكافلة باستخدام زعانفها.



سمكة خفاشية حمراء (هالتيونيا سبلاتا)

### لمزيد من المعلومات انظر

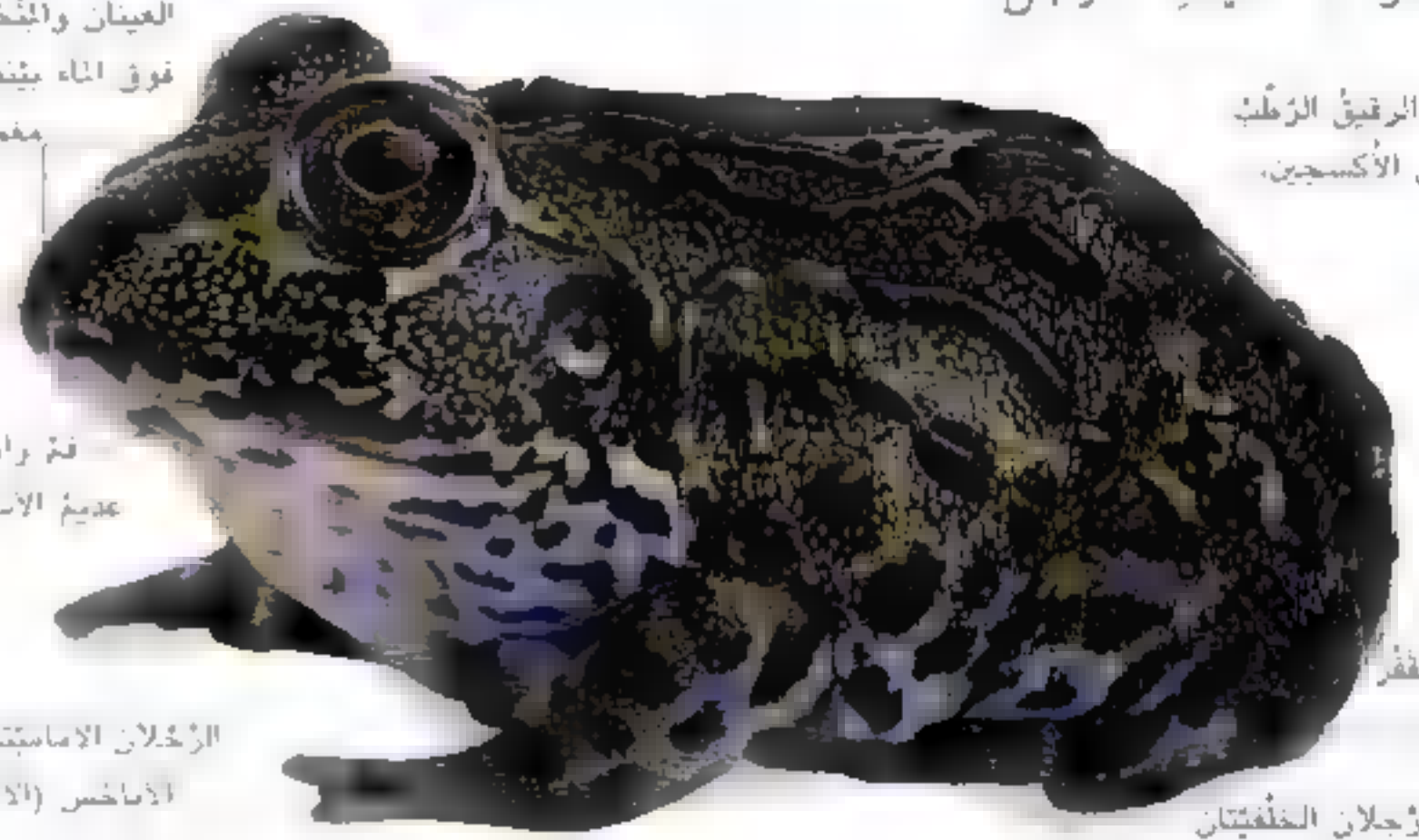
- التنفس ص ٣٤٧
- الدورة الدموية ص ٣٤٩
- البيئة الباطنية (في الأحياء) ص ٣٥٠
- الجلد ص ٣٥٤
- الحركة ص ٣٥٦
- الخواص ص ٣٥٨
- حقائق ومعلومات ص ٤٢٢، ٤٢٣



## البرمائيات

تحتل البرمائيات (أو القواضب) موقعًا خاصًا في تطوُّر الحياة على الأرض. فأصلها كانت أولى الفقاريات التي خرجت من الماء لتقضي جزءًا من حياتها على البر. ولا يزال معظم الأربعة آلاف نوع من البرمائيات الحالية يُقسَّم حياته بين الماء والبر - لكن بطرق مختلفة. وتقضي قلة من البرمائيات كلَّ حياتها تقريبًا في الماء كالسمندر المكسيكي الذي يحتفظ بخياشيمه وظوره اليرقاني المسمى أجزولونل. لكن البرمائيات في معظمها تقضي حياتها البالغة على البر، وتعود إلى الماء فقط للتزاوج. طائفة البرمائيات عديمة الحراشف عادة، لكن جلدتها على العموم رطب قُضاض. وهي خارجة الحرارة (باردة الدم)، وتقسَّم إلى ثلاث رتب: البتراوات (اللاذليَّة) كالضفادع والعلاجيم، والذوائل (الضفدعيَّات الذليَّة) كالسمادر والسمادل، والمقطعاوات عديمة الأرجل.

العينان والمخدران بظلال  
فوق الماء بينما الجسم  
مغمور.



الجلد الرقيق الرطب  
يمتص الأكسجين.

الأرجل  
الخلفيتان  
طويلتان  
مهيأتان للقفز  
والسباحة.

الأرجل الخلفيتان  
خماسية الأصابع

الأرجل الأماميتان رباعية  
الأصابع (الأصابع)

### اللاذليَّات (البتراوات)

البتراوات برمائيات لاذليَّة قصيرة الأجسام قوية الأرجل. ذكر الضفدع هذا (بيكسييفالوس أدميرسوس)، من جنوبي إفريقيا، مفترس قوي يغذي بالحيوانات الصغيرة والزواحف، كما بالضفادع الصغيرة. وهو كسائر الضفادع، رقيق الجلد يتطلب الترطيب المستمر. أمَّا العلاجيم فجلدتها عادة أجف تكسو الثآليل. على البر، تتحرك الضفادع قفزًا، بينما العلاجيم تمشي غالبًا، وكلاهما ذو ريش داخليتين بسيطتين.

يقفز السم من غدير على  
جلد الضفدع.



### ضفادع السم الثلي

ضفدع السم الثلي الإلهامي الحتم (فيلثوينس تريليس) ينمو في غابات أمريكا الوسطى والجنوبية. وهو الأخطر بين جميع البرمائيات. وتلدز ألوانه الزاهية الحيوانات الأخرى بأن جلده ينتج سُمًا قاتلاً. ويستخدم هذه السمات ذلك السم لقتل الثنايا المسمومة الرزوس لاصطياد الحيوانات



### العناية بالبيض

معظم الضفادع والعلاجيم تضع مئات أو آلاف البيض وتتركها. وهناك أنواع منها تضع بيوضًا أقل، لكنها ترعاها بعناية أكثر. فذكر الفنجوم القابلة (اليس أبتريكتاس) يلف بيوض الأنثى حول رجليه، وعندما تولد الفراخ على التعريخ يحملها إلى الماء.



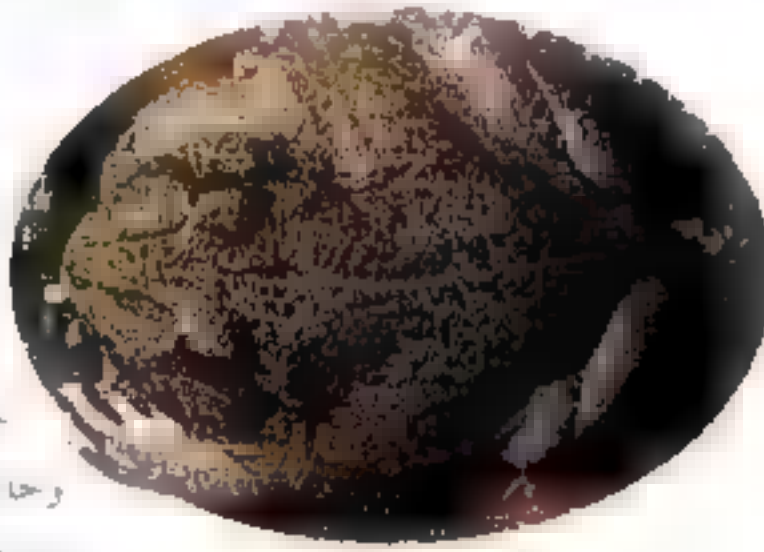
### الضفادع الطائرة

الضفدع الطائرة (راكوفورس سودا الأثف)، في جنوبي شرق آسيا تصطاد الحيوانات الصغيرة على الشجر. وهي للانفصال من شجرة إلى أخرى، تطلق نفسها في الهواء تأثيراً أقدامها المكيفة كمظلات صغيرة تميلها بالذئب لازم لفتت اتجاه أسيابها.



### ضفادع خازنة للماء

بعض الضفادع والعلاجيم تتحوَّل موسم الجفاف بحفر حُجُور تحت الأرض تُلغف نفسها فيها بغشاء من مادة السيليكات. فالضفدع الأسترالي الخازن للماء (النوع سيكلورانا) يقضي حياته البالغة في معظمها تحت الأرض. وحالما يستط الحفر، يخزن الضفدع غشاءً ويحفر طريقه ضمناً إلى السطح.



### أولى البرمائيات

أقدم الأحافير البرمائية المكتشفة تعود إلى كائن يُدعى إكتيوسنجا، عاش منذ حوالي ٣٧٥ مليون سنة. كان طوله حوالي المتر، وجسمه مغطى بشبكي الشكل. وكان ذا أرجل قويّة تحمله على اليابسة.





## الدواتل (الصفديّات الذليّة)

هذه البرمائيات أطول أجساماً من البشراوات وأصغر أرجلاً، بعضها ذو أذيال مُفلطحة يُستخدمها في السباحة. السّمندر الناريّ (سَلَمَنْدَرَا سَلَمَنْدَرَا) ذو ألوان زاهية، كما ضفدع السّم الثبليّ، للتحذير من أن جلده سامّ. تتواجد السّمادل والشماير بصورة رئيسيّة في نصف الكرة الشماليّ، وتنتوطن المياه، أو الأمكنة الرطبة كَارَضِيّة الجراج. تتزاوج السّمادل النار على البرّ، وتنمو البيوض وتُفقس داخل جسم الأم.



٣. بغد بسلسلة

من الحركات يشترط

الذكر أمام الأنثى، وعندما

تفلس ذيله، يضع رزّمة

المُطَفِّة فتُطَبِّط الأنثى فوقها

لتدخّل الطُفّاف جسمها.

٢. ثم يسبق الذكر أمام الأنثى ويستقر

شعاعاً بحيث يسد عليها الطريق، ثم

يلوّح بذيله ضاحكاً رانحة نحوها.

بخلاف الضفادع والعلاجيم،

السّمادل والشماير لا تفقد أذيالها

في مراحل النُفُوس

الشماير صغيرة

الاباحس، وأقدامها غير مُكثّفة.

يفرّج جُذّ سَمَنْدَر النار

مادة كيميائية سامة.

١. تبدأ رقصة السّمندر الناعم تحت الماء، عند اقتراب الذكر من الأنثى ومشيها حاصياً، وباستخدامه سُم "رانحة" الكيميائية التي تُطلقها في الماء.

## رقصة التودّد

عند تزاوج السّمادل أو الشماير،

يضع الذكر رزّمة من المُطَفّاف

فتلتفتها الأنثى. وفي حال سَمَنْدَر النار، يحمض

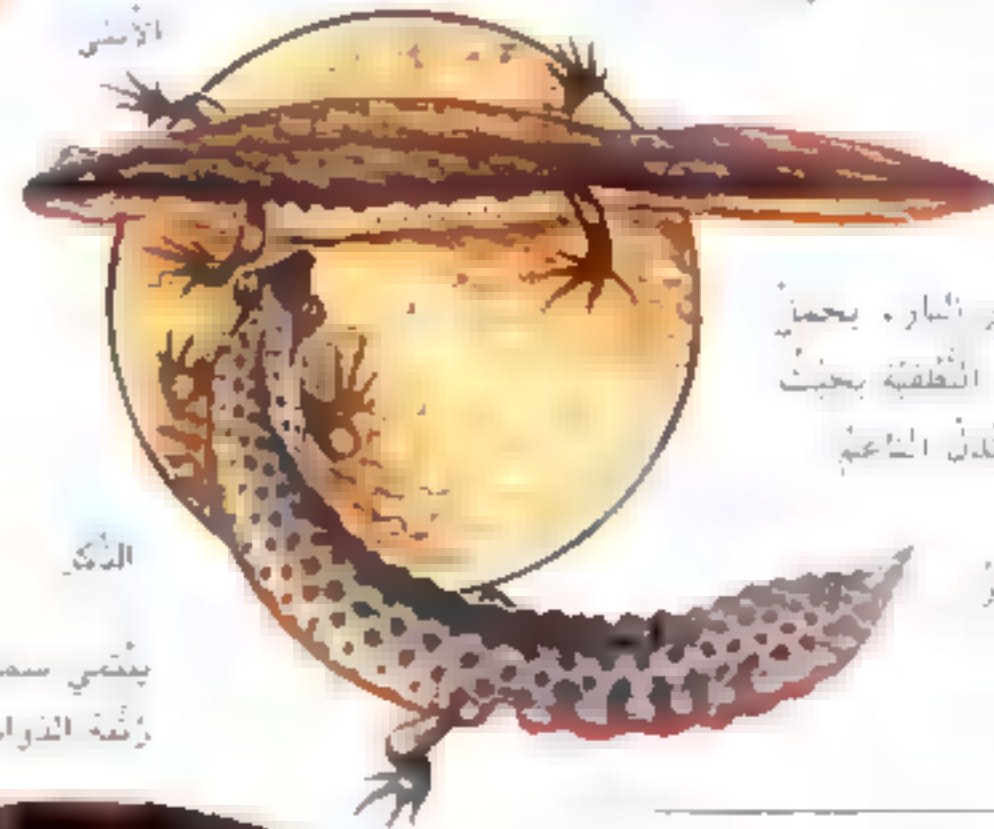
الذكر الأُش ثم يترنّها فوق رزّمة المُطَفِّة بحيث

تدخّل الطُفّاف جسمها. أمّا السّمندر الناعم

(أَمْبُوروس فُلْجَنوس) المبيّن هنا،

فيتزاوج تحت الماء، ويُؤدّي الذكر

رقصه أمام شريكته قبل التزاوج.



الأنثى

الذكر

ينتمي سَمَنْدَر الأُش إلى

رُفّة الدواتل.

## القُطَاعَوَات (الآلَاقِمِيَّات)

الآلَاقِمِيَّات حيوانات مائيّة أو جائرة تُستوطن المناطق المداريّة. وهي عديمة الأرجل، أسطوانيّة الشكل أشبه بالديدان أو النعابين المقاطعة الصغيرة منها بالبرمائيات، لكن بعضها يضع بيوضاً تُفقس منها شراغيف خيشوميّة، ممّا يربطها مباشرة بالشماير والبرمائيات الأخرى.



الآلَاقِمِيَّات

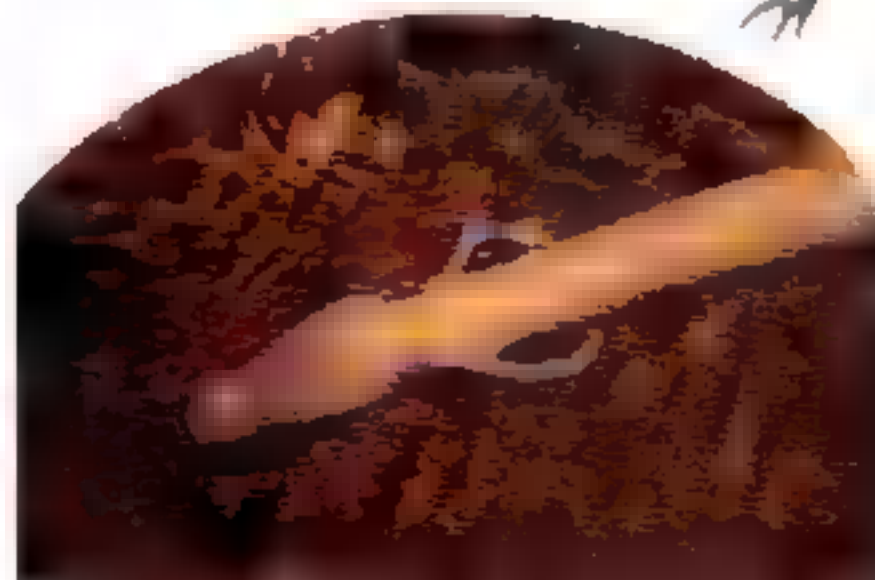
لها أعين، ولكنها

شبه غصاء.

الآلَاقِمِيَّات، في

شظاياها، مُطَفّاة

بصفائح قرنيّة.



## السّمندر المكسيكي (أَجْزُولُوتل)

السّمندر المكسيكي (أَمْبُستوما مكسيكانم)

يُدعى أحياناً "بِشْر يان" البرمائيات، لأنّه

يحتمل بشكله البرقانيّ.

تنتوطن هذه الشماير

بُحيرات مُعَيّة في

المكسيك، وتبدأ حياتها شراغيف

ذات خياشيم ربّية كالأكبر من الشماير

غيرها. لكن بدل أن تُفقد خياشيمها

وتنتوطن البرّ، تبقى

هذه الشماير عادةً

في الماء، وتتزاوج

دون تغيير شكلها.



## حياة الظلمة

تنتوطن سَمَنْدَر الأُش (أَمْبُستوما أَمْبُستوما) كهوف الشُحُور الكليّة العميقة في جوبي أوروبا. جسم هذا الكائن رفيع كالقلم، وأرجله دقيقة، وعيناه صغيرتان مُغطّيتان بالجلد فيكون لا يرى. تعيش السّمادل هذه في الترك واليابس الحوفيّة، وتُفقد بالحيوانات المائية الصغيرة، وهناك سَمادل مُماثلة تسوطن كهوف جوبي تكساس، بالولايات المُتحدة

## لمزيد من المعلومات انظر

الدورة الدّمويّة ص ٣٤٩

البيئة الباطنيّة (في الأحياء) ص ٣٥٠

الجلد ص ٣٥٤

العضلات ص ٣٥٥

الأنف ص ٣٦١

التناسل الجنسيّ ص ٣٦٧

خفاش ومعنومات ص ٤٢٠، ٤٢٢



# الزواحف

تضم طائفة الزواحف حاليًا قرابة ٦٥٠٠ نوع؛ وهي فاقت هذا العدد بكثير في سالف الأزمان. فعلى مدى ٢٠٠ مليون سنة، سادت زواحف ما قبل التاريخ الحياة على الأرض، وشملت الديصورات أكبر العاشيات والضواري التي استوطنت اليابسة على مدى العصور. كانت الزواحف أولى الفقاريات التي تكيفت للعيش على البر بنجاح - فلم تعد مضطرة للعيش في بيئة رطبة، بفضل جلدتها الحرشفي الجاف المقاوم لفرط فقد الماء من الجسم، وبفضل القيوض الجلدية المتينة التي تلت بوضها على اليابسة فتقيها من الجفاف. ولما كانت الزواحف خارجية الإحار (باردة الدم)، فهي تعيش غالبًا في المناطق الدافئة من العالم حيث تدفئ الشمس أجسامها فتتشط.

الأصل (الثواء)، كسان

الزواحف، خارجية الحرارة،

تفتئ في الشمس أثناء البرد،

وتسحب إلى الظل حين

يشد الحر كثيرًا.

نابا الضل الناصرة (الكوترا) شجوقان

وموضعان في مقدمة الفم، وهي

تستطيع قذف السم في الهواء بدقة

نحو مهاجمها.

الاربطة والمفاصل المرنة تشفع

لقتضي الفك الشفوي بالتباعد أثناء

ابتلاع الفرائس.

إذا ما فُددت، تنشر الكوترا

ضليعات حول راسها وتثقفها.

الحيثك لها أحيانًا أكثر من ٤٠٠ زوج من

الأضلاع، لكنها ذات رنة عاملة واحدة عادة.

تترادف كلبتا الأفعى، الواحدة خلف

الأخرى، تلاوفا مع ضيق الجسم.



## الحرشفيات

تقسم الزواحف الحالية إلى ثلاث رتب رئيسية أكبرها بكثير الحرشفيات (الحيات والعظايا). ومع أن الحيات تبدو مختلفة الشكل جدًا عن العظايا، فالأرجح أنها تنشأت من أسلاف عظامية الشكل بفقد أرجلها تدريجيًا. الضل الهندي (ناجا ناجا) أفعى نموذجية من أمامية الثابتين، تقتل ضحيتها بحقن السم ثم تتلفها كاملة. وتضع الضل الأنثى حوالي ٢٠ بيضة جلدية القشرة ونحرسها حتى نفقس.

حراشف

صغيرة

متراكبة

## الأصل المعاصرة

الأصل المعاصرة (كسركور كسركور) تقتل فريستها بالحقن هضرا. فتلت الأفعى جسمها حول الضحية وتشفها من التنفس. ومتى اطمانت إلى موتها تتلفها بالرأس أولاً. الأضلاع بيوض ولود أي إن الأنثى تحتفظ بيوضها (محاظاً بشرة) داخل جسمها حتى نفقس فتولد.

## العظايا العملاقة

تتلى كومودو (فارانوس كومودنس) هو أضخم عظايا العالم، فقد يبلغ طول البالغ منه، من الرأس إلى الذنب، ٣ أمتار. ويوزن أكثر من ٧٠ كغ. تستوطن العظايا العملاقة هذه جزراً في إندونيسيا وتقتل بحيوانات قد تبلغ حجم الأيائل.



للوزغة (سام الرص) عينا

كبيرتان كالكتير من الحيوانات

الليلية النشاط.

تفتدي الإغوانا البحرية

بالطحالب النامية على

الصخور المغمورة.

## العظاية القواصة

الإغوانا البحرية (أميليركس كريستائس) تسوطن جزر غلاباغوس، شرقي المحيط الهادي. وهي الوحيدة، بين العظايا التي تفتدي في البحر وهي عندما تغوص في الماء يباحاً خفان قلبها، فباعد ذلك في توفير استهلاك الأكسجين، ويتحول دون تبريد كمية كبيرة من دم الإغوانا بالماء الباردة الخارجية.



## العظايا المتسلقة

الوزغات عظايا ليلية النشاط تتصيد صغار الحشرات. وهي تستطيع تسلق الجدران وكذلك الشير مقلوبة على الشقوق بفضل لسانها خاصة على أباخيها مغطاة بهلب دقيقة تعلق بالشقوق الصغيرة على السطوح التي تسلكها.



## الأنسلاخ

تطرح العظايا والحيات من وقت لآخر طبقة الجلد الخارجية لتستطيع النمو. وتستغرق عملية الأنسلاخ هذه في الغالب عدة أيام، حيث يبدأ الجلد بالانفلاق حول الرأس أولاً، ثم يأخذ بالتفشر على امتداد باقي الجسم. والحيات تطرح جلدها قطعة واحدة في الغالب.

العظاية البطيئة العمياء

(أنجويس فراجيلس)

تطرح جلدها قطعاً كبيرة.





يشبه التمساح ضامًا أرجله قُرْب جسمه، وثقوبًا ذيله القلطي.

رغم أن التمساح النهري ضار رهيب، فهو والد خنوق يفتني بصفاره.

تغطي جسم التمساح خراشف كبيرة، والظهرية منها مقواة بالعظم كصفائح مدوّجة.

**التمساح**  
التمساح على أنواعها تنتمي إلى رتبة التمساحيات، وهي شبيهة بالعضايا العملاقة، لكن ترتيب العظام في جماجمها يظهر أنها أقرب إلى الدينوصورات منها إلى أي زاحف حي. هنالك حوالي ٢١ نوعًا من التمساح، كلها تعيش جزئيًا في الماء. أما النوع الأكبر، وهو تمساح المصببات النهرية البحرية (كروكوديلوس بوروسس)، فقد يتلغ طوله ٦ أمتار أو أكثر - مما يجعله أضخم الزواحف في العالم.

منخر التمساح في طرف خطمه، ويمكنه غلقها عندما يغوص في الماء.

الأسنان بسيطة وتنبؤ الشكل لتوزيع اللحم.

تقلل أنثى التمساح صفارها

إلى الماء في فيها وترعاها عدة شهور حتى تستطيع الاعتماد على نفسها.

جُمجمة التمساح الهندي

جُمجمة تمساح المصببات

خطم غريض

أرجل قوية قصيرة

تمساح بالغ

دورة حياة زاحف نموذجي

بيضة ذات قشرة

بيضة

إخصاك داخل الجسم

تخصن بيوض بعض الزواحف داخل الجسم؛ وتولد الصغار بعد أن تفقس.

### جماجم الزواحف

جُمجمة تمساح المصببات عريضة، وعضلات فكليه قوية للغاية. وهو يقتني بالحيوانات الكبيرة، فيجرح ضحيته تحت الماء ناهبًا منها قتلًا يتلهمها كماله. أما تمساح الهند الأصغر (جافالييس جانيغس)، في أنهار شبه القارة الهندية، فيقتات بالأسماك. والتفكان في جُمجمته ضيقان جدًا، وهو يلتقط طعامه خفًا كالطيور.

### الثورات

الثورات هي السلالة الوحيدة الباقية من فئة الزواحف المتدببات الأسنان - التي كانت شائعة قبل ملايين السنين. وبخلاف الزواحف الأخرى، فالثورات تظل نشطة في درجات الحرارة الخفيفة القارس، والبرودة المرفقة منها (سفينودون بنكتاس) تعيش حاليًا في مخيمات خاصة على جزر صغيرة بعدًا عن سواحل نيوزيلندا.

### الزواحف السائدة

كانت الزواحف في سالف الأزمان أنجح الفقاريات على الأرض؛ وقد تراوحت أحجام الدينوصورات من حيوانات ضئيلة بحجم الفرخة إلى اليراكيسورس العملاق (بطول ٢٥م ووزن ٥٠ طنًا). ثم انقرضت الدينوصورات وأشكال أخرى من الأحياء في إبادة جماعية يعتقد بعض العلماء أن سببها يعود إلى ارتطام زعيم هائل بالأرض.

دينونيكس  
دينوصور قزمي  
الرجلين الاماميتين

### السلحفيات

السلحفاة البحرية (المجفات) والبرية يحميها ذبل عظمي مغطى بحراشف قرنية. تقتني السلحفاة بالنبات والحيوانات الصغيرة، وهي عديمة الأسنان، تغطي الفكين فيها مادة قرنية. لنجاة غلاباغوس، أعلاه، (جيوكيلون إيفتوس) هي نوع عملاق من السلحفاة البحرية قد يزيد وزنها على ١٧٠ كغ.

يتلغ طول الثورات الكامل النمو حوالي ٦٠ سم. تعيش الثورات في مجاور وتقتني بالخشرات والبيض والصفاد و صغار الطيور البحرية.

### لمزيد من المعلومات انظر

- التمساح ص ٣٤٧
- البيئة الباطنية (في الأحياء) ص ٣٥٠
- الهياكل الداعمة ص ٣٥٢
- الحركة ص ٣٥٦
- الخواص ص ٣٥٨
- التناسل الجنسي ص ٣٦٧
- حقائق ومعلومات ص ٤٢٠، ٤٢٢



# الطيور

الدلائل الأحفوريّة تُشير إلى أن الطيور قد تطوّرت من الزواحف. فهي، كما الزواحف، فقاريات تضع بيوضاً ذات قشرة، وبقايا الحراشف ظاهرة في القدمين. لكن الطيور تميّز عن الزواحف بمعالم شتى، فهي من بين سائر الحيوانات مَكسوّة بالريش، وكلّها ذات أجنحة ومناقيد. وهي داخلية الإحراق (حارة الدّم) - فلا تتغيّر درجة حرارتها بتغيّر درجات الحرارة الخارجيّة. ويدفء الجسم هذا يجعلها ناشطة الفعل والطيّان دوماً، والواقع أن الطيور أكثر الكائنات الحيّة قدرة على الطيران. هنالك ٩٠٠٠ نوع من الطيور تعيش في مختلف الأماكن - في المَدُن والغابات المطيرة الاستوائية وعلى الطواقي الجليديّة.

ريش الطيور تفلّز من حراشف الزواحف.

الطرفان الاماميان تخوّران إلى جناحين.



تغطي القدمين حراشف ضلّية.

## تصميم الجسم في الطيور

خلال مراحل التطوّر، أصبحت أجسام الطيور خفيفة، مشيقة إنسيابية، ومدمجة. فطائر الزفراف (المازور) هذا (البيدو أنيس) يبلغ ١٦ سم طولاً، لكن لا يزيد وزنه على ٤٠ غ. وهو، كسائر الطيور، مَكسو بالريش، وتغطي قدميه حراشف ضلّية، ومناقره ضلّ لكثّة خفيف الوزن. والطيور الصغيرة، كالزفراف، ذات درجة حرارة جسديّة هي الأعلى في عالم الحيوان. لذا فهي بحاجة إلى مورد غذائي مُستمر لسد احتياجات أجسادها.



## التركيب الداخلي للطيور

الطيور عديمة الأسنان فلا تمضغ طعامها. وتستعاض عن ذلك بظنن الغذاء الضلّ في حجرة خاصية تدعى القانصة. ورتنا الطائر أكثر تعقيداً وفعالية من رفات الثدييات والزواحف. فعند الشيق، يسري الهواء إلى فجوات خاصية تدعى الأكياس الهوائية، ومن ثم ينتقل إلى الرئتين. ومنهما إلى مزيد من الأكياس الهوائية، قبل زفره إلى الخارج.



## الهيكل العظمي للطيور

الهيكل العظمي الرقيق لطيائر الطائر لا يؤثّر أكثر من خمسة بالمئة من مجمل وزن جسمه. عظام الجناحين مخوّفة، كسائر عظام الهيكل، لكنها معززة بدعائم لمزيد من القوّة. وتثبت عضلات الجناحين صفيحة عظمية ملفّحة تشو من عظم الفخذ تدعى الجوّاجو.



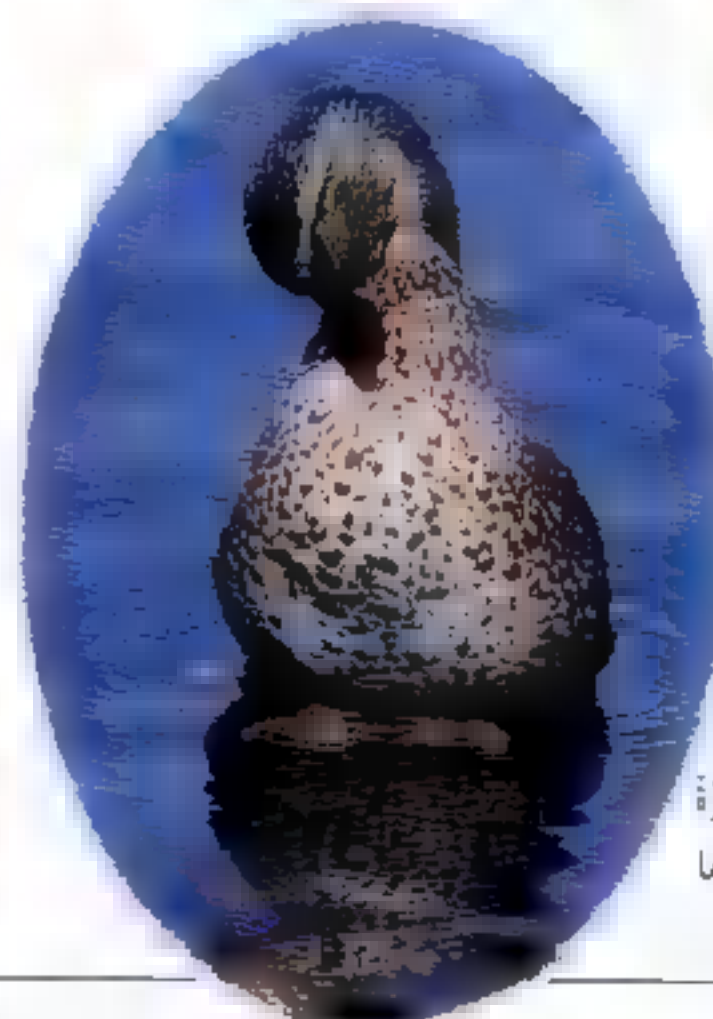
## طيور لا جناحية

الكبوي الأسمر (البريكس أسمرالس) في نيوزيلندا هو واحد من عدّة طيور فقدت قدرتها على الطيران. فجناحاه ضليلان أثريان وريشه شعري. وخلافاً لما هو الشائع في الطيور، فالكبوي حامّة شم جيّدة يستخدمها في نلّس طعامه ليلاً.



## العناية بالكساء الريشي

الكساء الريشي بحاجة إلى عناية مُستمرة ليبقى في حالة جيّدة. وتستخدم الطيور مناقبها كالمشط في تمسيد الأسلاك والأسيلات وضّمها معاً، وأيضاً لازالة القمل والطفيليات الأخرى. معظم الطيور تُفرّج كساءها الريشي، وتستبدل به آخره مرّة أو مرّتين في السنة. هذه البطة تُنظّل كساءها الريشي بزيّ خاص يجعله صامداً للماء.



الريش الرّغيفي يغرّز الجسم حراريّاً. فالأسلاك فيه لا تتشابك معاً بل تنتشر لتكون طبقة مُتفكّكة تحتبس الهواء.

ريش الجسم يُكسبه انسيابية. فقاعدة الريشة طرية ومُتفكّكة، لكن سطح طرفها العلوي أكثر انسياباً.

ريشات مغازلة من ديك الخيش البري (مُبيّرس جلّوباقو). كل ريشة لها فصيتان فريتان وأسلات قصيرة.

ريشة الطيران ذات جراقي (قصية) متين وأسلات وأسيلات وثيفة التشابك.



الشكل من جناح ذكر البط الصيني (البكر جالريكيولاتا) تُستخدم في اجتذاب القرين.

## الكساء الريشي

يتألّف الريش من القرين، العادة تُنسبها التي يتألّف منها شعراً وأظفارنا. فالعراق، الذي يمتدّ قصبة على طول الريشة، يحول آلاف الفروع الجانيّة، المُستعارة أسلاك. ولهذه فروع أصغر تدعى أسيلات تشابك معاً بخطاطيف دقيقة لتؤلّف صفحة الثقل. وقد يحوي كساء الطائر الريشي فوق الـ ١٠,٠٠٠ ريشة مُختلفة الأشكال والأنواع.



ذكر الشرشور الزاهي الألوان لا يُشارك في حضن البيض - وإلا كانت ألوانه تُبشر للصواري اكتشاف العش.

تُحضن أنثى الشرشور بيوضها تحت ريشها العازل ويحدها الدرع - علقاً أن بعض ريش الصدر يتساقط في رقعة الحضان.

شرشور جولد (كلوبيا جولدي) ذو منقار شهابي لأك. البزور - فهو قصير متين يستطيع كسر البزور والتقاط ما فيها.

منقار الحمام (فنيكويترس زوبر) يعمل كالصفاة؛ فيتحوّل جزؤه السفليّ شعوراً وفيوطاً ضاخاً الماء على الجزء العلوي، حيث يُحبس الطعام فوق حافة من الشقوق.

مخيرة الغش

**عش بيض**  
يشبّ فرخ الطائر داخل البيضة، خارج جسم الأم، تقيه قشرة صلبة تمنع شروب الماء لكنها تسمح بدخول الأكسجين. الطيور الصغيرة كهذا الشرشور (فرنجل كولينس) تضع عدة بيوض في العش، والقراخ لا تشبّ ما لم نرغم الأنثى على البيوض فتدفعها بالحضن.

يشتهر الحباك الإفريقي (من نوع بلوسيسوس) بمهارته في حبك الأعشاش. يحوّل الذكر العش من أصول الغش بمفاره ورجليه، وعند الانتهاء يتخلّق به مرفقاً جناحيه لاجتذاب القرين.

أنبوب المدخل

المدخل

### الأعشاش

جميع الطيور بتأصّة، لكن ما كلّها تبني أعشاشاً. فبعض الطيور البحرية تضع بيوضها مباشرة على حواف الجرف الصخرية. وكثير من الطيور الأرضية الغش تضع بيوضها في حفرة بسيطة تُبطنها بالريش. والقيور التي تبني أعشاشاً معقّدة تستخدم أنواعاً عديدة من المواد كالأوراق النباتية والبيدات والطين والشجر وشمع العسكوت والشعاب أيضاً. ولا يحتاج الطائر إلى تعلّم بناء عشه - فالغريزة كافية لذلك.

الفران الصمراوي (فرناريوس روفوس) من أمريكا الجنوبية، يبني له عشاً من الطين مُرنّ الشكل يخجم كرة القدم يتصلّب عندما يجف، وللغش ممراً مقوّساً يؤدّي إلى حجرة داخلية.

سحابة النخل الإفريقية (سبنسيوروس يارفوس) تُغري بعض الريش الرغيف فوق ورقة نخيل؛ ثم تغري بيوضها فوق فرشة الريش تلك، فتبقى ملتصقة حتى انقضاء العواصف.

### هجرة الطيور

تُفسي الطيور عادة موسمي الصيف والشتاء في مكانين مختلفين. فالكثير من أنواع الإوز تتراوح في أقصى الشمال حيث الطعام وفير خلال الصيف القصير؛ ثم تطير جنوباً عندما يبرّد الطقس مع اقتراب الشتاء. هذه الرحلات الطويلة تُدعى هجرات الطيور.

### الوقواق

أنثى الوقواق (كيوكولس كائورس) لا تبني عشاً، بل تضع بيضة مكان إحدى البيوض في عش طير آخر في غيابة حاضته. وعندما يفقس الوقواق الصغير يدرج البيوض الأخرى خارج العش ويستقل به. ويواطئ الوالدان الزنودان على إطعام فرخ الوقواق الذي يفوقهما حجماً، كأنه فرخهما.

### المناقير والطعام

يتألّف منقار (منقاذ) الطائر من عظم مُغطى بطبقة قرنية. ويغي القسم العظمي من المنقاذ على حجمه عادة في الطائر البالغ، لكن المادة القرنية تنمو باستمرار لتعويض البلى. والمنقار ملانم لنوع الطعام الذي يتناوله الطائر، فالطيور المتفجرة نوع التغذية لها عادة مناقير متعيرة.

لمزيد من المعلومات انظر
الثورة الدموية ص ٣٤٩
البيئة الباطنة (في الأحياء) ص ٣٥٠
الهيكل الداعمة ص ٣٥٢
الحركة ص ٣٥٦ ، الدماغ ص ٣٦١
التناسل الجنسي ص ٣٦٧
حقائق ومعلومات ص ٤٢٠ ، ٤٢٢

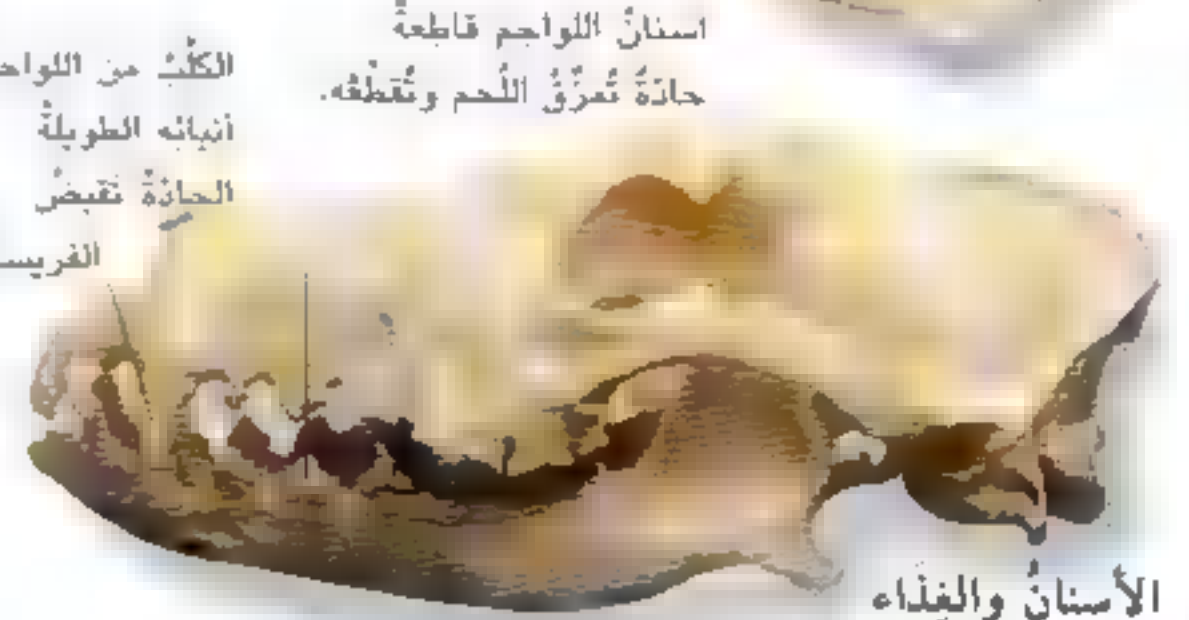


# اللبونات

إذا ما سألت رفيقاً أن يسمي حيواناً ما، فالأرجح أنه سيُسمي حيواناً من اللبونات (الثدييات)، وهي الطائفة التي ينتمي إليها البشر كما معظم الحيوانات الكبيرة المألوفة في حياتنا اليومية. لكن ليست كل اللبونات كبيرة - فهي تتراوح حجماً من الزبابة والخفافيش حتى الفيلة والحيتان الضخمة. تشترك اللبونات في ثلاث ميزات رئيسية - فهي داخليّة الإحراق (دافئة الدّم وثابتة درجة الحرارة)، وذات كساء من الفرو أو الشعر، وتُرضع صغارها لبناً تُفرزه الغُدّة الثدييّة لدى الأم. واللبن غذاء كامل لصغار اللبونات يُقيتها حتى تقوى على إيجاد طعامها بنفسها. واللبونات أكثر الفقاريات انتشاراً على اليابسة حيث يُوجد منها حوالي ٤٠٠٠ نوع.

الأرنب من الحيوانات العاشبية؛  
أسنانه الأماميّة قاطعة  
والخلفيّة طاحنة.

أسنان اللواحم قاطعة  
حادّة تُمزق اللحم وتقطّعه.  
الكلب من اللواحم؛  
أنيابه الطويلة  
الحادة تقبض  
الفريسة.



## الأسنان والغذاء

أسنان اللبونات مُتنوعة الأشكال كتنوع الأدوات في صندوق غُدّة. فاللبونات البالغة المُختلفة تتغذى بِشُروب مُختلفة من الطعام، وأسنانها مُكيّفة لتلاصق ونوعية غذائها. فاللواحم (أكلات اللحم) ذات أسنان قابضة مازقة. والعاشبات (أكلات النبات) ذات أسنان قاطعة وطاحنة. أمّا القوارض، التي تُتغذى بِمُختلف أنواع الطعام، فأسنانها مُتنوعة - فاصّة وقاطعة ومارقة وطاحنة. بعض اللبونات، كالثدييات (أكلات الثفل) والحيتان المائية، التي تُتغذى بِاستعفاء غوانق الكريل من القشريات البحرية (كالكريل وسواها)، عديمة الأسنان.



دورة حياة لبون نموذجي

## لبون مدرّع

أم قُرّة الشجر (مانيس ترايكس)، من إفريقية الاستوائية، نخبة حراشف ضليّة وزرقة الشكل تغطي معظم الجسم. يُتغذى أم قُرّة بالشّمل والأرض يلتقطها بلسانه الطويل. وهو، كأكلات الثفل الأخرى في أستراليا وأمريكا الجنوبيّة، عديم الأسنان.



## اللبونات المائية

الدلافين لبونات من رتبة الحوتيات - تفتي حياتها كلّها في البحر. وخلال مساهها التطوري اتخذت الدلافين شكلاً انسيابياً كالسمك. لكنّها، كباقي اللبونات، تُرضع صغارها لبناً وتتنفّس هواء الجوّ.

الرّبابة الشجرية الشائعة  
(نوبايا جليس)

## الرّباب الشجرية

الرّباب (ج. زبابة) الشجرية، من جنوبي وشرقي آسيا، لعلها أشبه باللبونات الأولى التي تطوّرت من أسلاف زواحف. وهي تليّة النشاط ذات عينيّن واسعتين وحاشية شُم قويّة. ويحتضن البيونوجيون أن حيوانات مُعائلة للرّباب شاركت الفيديو صورات الأولى العيش على الأرض منذ أكثر من ٢٠٠ مليون سنة.



يُرضع الفلّو لبناً من  
شُروع الأم.

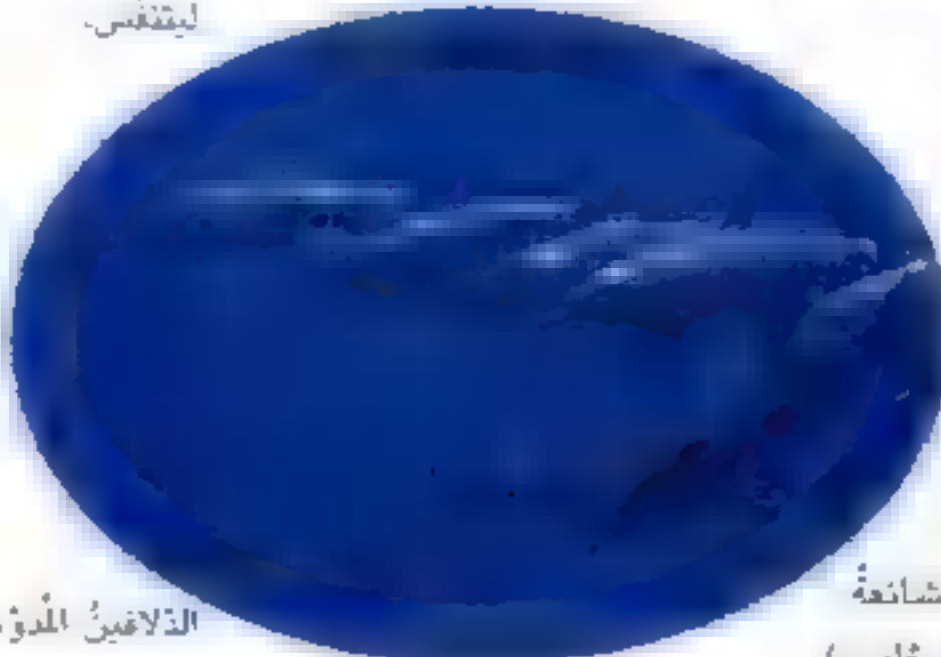
جسم حمّاز  
الرّود شُفطي  
بالشعر.

حمّاز الرّود الشائع  
(أكّوس بورشلي)

## اللبونات السُخديّة (المُشيمية)

حمّاز الرّود، كسائر الحيوانات المُشيمية هنا، هو لبون مُشيميّ. فالفلّو ينمو داخل رُجُم الأم حيث يستمدّ غذاءه منها غير السُخد، وهو نسيج إسفنجي يُنقل الغذاء من دم الأم إلى دم الجنين. والفلّو الوليد، بخلاف الوليد البشري، قويّ لا يلبث أن يقف على فوائجه ويضع أمّه.

ما أن يُولد السُخديّ  
الصغير حتى تدفقه  
الأم إلى سطح الماء  
ليتنفّس.



الدلافين المدوّمة  
(سيتيلا لونجيسيمس)

## اللبونات الطيّارة

تُشكّل الخفافيش، بأنواعها الألفين، قرابة رُبّع عدد الأنواع اللبونة. وهي الحيوانات الوحيدة، بين اللبونات، القادرة على الطيران حقيقة.

تقتات معظم الخفافيش بالحشرات، وهي تُحدّد مواقعها بِدقّة في الهواء بِواسطة صدى التنبّصات الصوتيّة التي تُنبّها كالرادار. أمّا أنواع الخفافيش الأكبر فتقتات بالثمار.





## اللبونات الجرابية

تولد صغار الجرابيات غير مكتملة النمو؛ فيزحف الوليد الضئيل الحجم مباشرة إلى جراب الأم حيث يتعلق بإحدى الخلمات فيه فينمى وينمو. والجراب في القنغر كس فسيح، أما في بعض الجرابيات الأخرى، كالكوول، فقد لا يزيد على سذلة بسيطة. هنالك حوالي ٢٦٠ نوعاً من الجرابيات؛ ومع أنها ترتبط في أدهان الكثيرين بأستراليا، فالعديد منها يستوطن أمريكا الجنوبية.

الفرز أو الشفر يحمي الجلد من الشمس والاذى، كما يفتح ترطب الجسم ويحفظ حرارته.

تستطيع أنثى القنغر توالى إنتاج الصغار كما في خط إنتاج صناعي - فبينما يتكون واحد داخل الرحم، يكون آخر في الجراب، وثالث حوالها يفترب الاعتماد على نفسه.

## وحيدات المسلك

خلد الماء أو منقار البط (أورنيثورنكس أناتيس) حيوان يجمع القرائب. فهو لبون يوضع، مكفكف الأصابع وذو منقار كالطيور. وعندما تنقص صفارته، تغتذي بلحس اللبن من غددي ثدييه، على بطن الأم، لا خلمات لها.



نوعان آخران من اللبونات فقط بياضة - هما قنفذا النمل (أكلا النمل الشوكيان). وهما يؤلفان مع منقار البط وثنية صغيرة من اللبونات تدعى وحيدات المسلك.

الطرفان الأسعيتان قصيران يستخدمهما القنغر في الحفر والهدمة والدفاع عن النفس.

يقفر صغير القنغر إلى داخل الجراب إذا أحس بالخطر، حيث ينطوي على نفسه ضاملاً اطرافه باتجاه راسه.

## الكوالا

الكوالا (فاسكولاركتوس سينريوس) حيوان جرابي أسترالي تكيف للعيش في الشجر، ولغذاء يتألف بصورة رئيسية من ورق الأوكالبتوس. تنضي صغار الكوالا نشاتها الأولى في جراب الأم، وعندما تكبر نوعاً، تخرج من الجراب وتنشئ بظهر الأم. والكوالات ليست وثيقة القرى بالذبة رغم أنها تشبهها. فالذبية حيوانات ثبوتة منسجمة لا جرابية.



أظفار طويلة حادة لجرف الزمال



## لبون ديماسي

لقد طور الكثير من الجرابيات أشكالاً وأساليب حياة تماثل شقيقاتها من اللبونات المشيمية. فكل الطوبين الجرابي (نوتوريكتس نيفلوييس) شبيه جدًا بالثوربين المشيمي. من حيث ثلاثة جسمه وقوة فوائمه الخشابة. وهو أيضا مثله يغتذي باليرقات الكبيرة والديدان.

## الكوول

الكوول الجميل الترفط (دييورس فيفريوموس) هو الجرابي الأسترالي المقابل للنهر. وهو حيوان صار ليئي النشاط، يغتذي بالحيوانات الصغيرة كالحشرات والجوابات الأصغر؛ لكنه ليس صياداً ماهراً كنظيره المشيمي. فمئذ إدهان الهز الاهلي إلى أستراليا تراجعت أعداد الكوول، كما انخفض عدد الكثير من الجرابيات الأخرى أيضا نتيجة لمنافسة اللبونات المشيمية فيها.



## أبوسوم فرجينية

لقد حقق أبوسوم فرجينية (ديدالفس فرجينيانا) نجاحاً نادراً في دنيا الجرابيات. فهذا النوع الجرابي الشجري، من أمريكا الشمالية، قد وضع مدى انتشاره شمالاً بآطراد حتى كندا. وقد تسنى له ذلك بتكيفه للعيش بين البشر - فهو يجوب الخدائق ويعتلي السقوف ويبحث عن الطعام بين الفضلات المنزلية.

### لمزيد من المعلومات انظر

- الأسنان والفكان ص ٣٤٤
- النفس ص ٣٤٧
- انذورة الذموية ص ٣٤٩
- البيئة الباطية (في الأحياء) ص ٣٥٠
- الهياكل الداعمة ص ٣٥٢
- التناسل الجنسي ص ٣٦٧
- حقائق ومعلومات ص ٤٢٠، ٤٢٢



## الرئيسيات

نحرنُ البَشْرَ نَتَمي إلى رُتَبَةٍ من اللَّبُونَات تُدعى الرِّئِيسَات، وهي كما يُشيرُ اسمُها أعلى الكائنات الحيّة. تُقسّم الرِّئِيسَات إلى فئتين هما:

أشباه الإنسان (البَشْرُ والقِرْدَةُ والسَّعَادِين) والپِرُوسِيميَّات (وتشملُ الليمير وطُفُولُ الأدغال والآيات). ويتّسمي جميعُ البَشْرِ إلى رُتَبَةٍ من الرِّئِيسَات ليسَ فيها سِوى جنسِ الإنسان. والإنسانُ يعيشُ على الأرض ويمشي على رِجلين، فيما مُعظمُ الرِّئِيسَات الأخرى شَجَرِيَّة العيش وتُستخدمُ أرجلُها الأربع. العَيْنَانِ في الرِّئِيسَات أماميَّة التَّوجُّه ممَّا يُساعدُ في تقدير المسافات؛ والأصابعُ والأباجيسُ قابِلَةٌ لِلتَّشَبُّهِ فيمكنُها قَبْضُ الأغصانِ والتَّمَسُّكُ بها. وتتميّزُ رُتَبَةُ أشباه الإنسان بأدمغة كبيرة ومُستوى عالٍ من الذكاء.

## السَّعْلَةُ (الأورانغوتان)

تعيشُ الرِّئِيسَاتُ في مُعظمها في المناطق المدارية ودُونِ المدارية؛ وتشملُ حوالي ١٨٠ نوعًا. ينتمي الأورانغوتان (پونجوبيجيوس) إلى فصيلة القردة التي تضمُّ أيضًا العوريلَّا والبَعام (الشِّمبانزي). ويسوطنُ الأورانغوتان الغابات المطيرة في جنوب شرقي آسيا، وهو -كالتعدد من الرِّئِيسَات- مُهدّدٌ بالانقراض. لأنَّ مواطنه الحراجيّة تجري إزالتهَا لِلإتجارِ بأخشابها، أو لِاتِّخاذهَا مراعٍ وأراضي زراعيّة.

بالمقارنة مع جُمُجُمَةِ القردة، جُمُجُمَةُ الإنسان ذاتُ قحفٍ دماغيّ كبير جدًا وفكّين قصيرين وأسنان صغيرة.

## أصلُ الجنس البشري

إنَّ شكلَ جُمُجُمَةِ الإنسان بالغ الأهميّة في تَتَبُّعِ مسارِ تطوُّرِ النوع البشري. لأنّه يمكنُ مقارنتها مباشرةً بالجماجم الأحفوريّة لِأقربائنا الأبعد. وتُشيرُ دراساتُ العلماء إلى أنَّ الإنسان قد تطوَّرَ من أسلافٍ من أشباه الإنسان؛ كما تُبيِّنُ الأحافيرُ أنَّ عدّة أنواعٍ من أشباه الإنسان كانت مُتواجدة مُنذُ ما بين مليون وخمسة ملايين سنة. ولم يبقَ منها حاليًا إلا نوعُ البَشْرِ فقط.

## الآيات

الآيات (دويتونيا المدغشقرية) المُهدّدُ بالانقراض من الرِّئِيسَات الدُّنْيَا (الپِرُوسِيميَّات) حيوانٌ شَجَرِيّ العيش ليلي النشاط. يفتدي بِبَرَقَات الحشرات وورق الشجر. بدأ الآياتُ الأماغيَّاد فيهما (صِغَرٌ ثالِثَةٌ طويلة إصافيّة، يُستخدمُها في التَّقاطِ البَرَقَاتِ من قُلُوعِ لُحَاءِ الشجر).

الشِّمبانزي (پان تروغلونيتس) يُستخدمُ أداة لِاستخراج الحشرات من لُحَاءِ الشجر.



## البَعام (الشِّمبانزي)

يُستخدمُ الإنسان الأدوات عادةً لِلقيامِ بِمُهمَّات مُعَيَّنة، وهكذا تفعلُ بعضُ الرِّئِيسَات الأخرى. فالبَعامُ مثلاً، يُستخدمُ عِبدانًا حادّةً وأَسْوَاقَ الأعشاب لِلتنقيبِ عن الطعام؛ كما يَهْرُسُ القِرْدُوعُ (البابون) أحيانًا الحيوانات الصغيرة بِالجمجاجة. ويستخدمُ العديدُ من الحيوانات الأخرى أدواتَ لُحْمٍ تُفعلُ ذلك بِالفريرة أَضَلًا. وتستطيعُ الرِّئِيسَات تعلُّمَ كَيْفِيَّةِ صُنْعِ الأدوات بِمُراقَبَةِ بعضها بعضًا أثناء العمل.



## لويس وماري ليكي

أسهمَ عملُ عائلةِ ليكي في تَتَبُّعِ حلقاتِ مسارِ النوع البشريّ وتطوُّره. فقد اكتشف لويس ليكي (١٩٠٣-١٩٧٢) في شرقي إفريقيا أحافير أناسيّة، وارتأى أنَّ نشأة الإنسان كانت في تلك المِنطقة. أمّا زوجته ماري (١٩١٣-) فقد اكتشفت عدّة أحافير لِأسلافٍ بشريّة.

وأثارَ أقدامُهم بِرجعَ تاريخها إلى قُرابة ٣ ملايين سنة. كما اكتشف ابنتُهما ريتشارد ليكي (المولود عام ١٩٤٤) العديد من الأحافير المُهمّة أيضًا.

## سيادة البشر

البَشْرُ أكثرُ الرِّئِيسَات عِندًا بِقَدَرٍ كبير؛ ففي سنة ٢٠٠١ سَبة الأخيرة ازدادَ عددُ سكانِ العالم من حوالي ١٠٠٠ مليون إلى قُرابة ٦٠٠٠ مليون نسمة. ولم يبقَ في تاريخِ العالم أن كانَ لأيٍّ من أنواع الكائنات مثلُ هذا التأثير البشري الواسع المدى على الكائنات الحيّة الأخرى.

## لِمزيد من المعلومات انظُرْ

التطوُّر (النشوء بالتحوُّل العضوي)  
ص ٣٠٨  
اللَّبُونَات ص ٣٣٤  
الهِياكِلُ الدَّاعِمة ص ٣٥٢  
البَشْرُ وَكَوْنُهُمْ ص ٣٧٤  
حَقَائِقُ وَمَعْلُومَاتُ ص ٤٢٢



الذراعان  
طويلتان جدًا

انظُرْ بِدَلِ المَخالب

يقبضُ السَّعْلَةُ (الأورانغوتان)  
الأغصانَ بِبَيدَيهِ ورِجْلَيهِ. ويستطيعُ  
المشي على رِجلين لَكِنَّهُ غالِبًا  
يستخدمُ أطرافه الأربعة.

الجنسُ  
تُغطّي  
بالشعر

السَّعْلَةُ  
(الأورانغوتان)  
وسائرُ القردة  
الأخرى عديمَةُ  
الذَّيْلِ.





# الكائنات الحيّة - كيف تعمل

لماذا النبات أخضر؟ وما وظيفة الدم؟ وهل جلدك ميت أم حي؟ أجوبة هذه الأسئلة في كثير من الحالات تتعلق بتركيب المادة الحيّة. فالكائنات الحيّة تحوي أجزاءً متباينة، لكنّها متوافقة ومتراصة بشكلٍ رائعٍ للعمل معاً. بعض هذه الأجزاء، في النبات والحيوان، كبيرٌ يرى بالعين المجردة، وبعضها صغيرٌ بالبح الدقة، فلا يرى إلا بالمجهر. إنَّ أصغر الأجزاء، في سائر الكائنات الحيّة، هو مُعقّدٌ جدّاً. وبالتعرّف الدقيق إلى كيفية عمل الأجزاء الصغيرة هذه يتوصّل العلماء إلى تفهّم طرائق عمل المتعضيات الكاملة.

كلُّ ضربٍ من الكائنات الحيّة مُكيّفٌ للبيئة التي يعيش فيها. فالشجر (الجنون) الشجريّ الغنيث له ذراعان طويلتان يترجّح بهما بخفةٍ وشرعة بين أعالي الشجر. وتُساعدُه عيناه الامامتة التوجّه في تحديد الأبعاد بدقةٍ خلال ترلّجه من عُصْبٍ لآخر.

## المتعضيات وبيئتها

جميع الكائنات الحيّة، أو المتعضيات، بُنِي لها التوافق مع بيئتها. فهي تُعْثِد من المحيط الذي تعيش فيه، وتُستخدِم هذا الغذاء في أغراض عديدة تشمل إنتاج الطاقة للحركة، والمواد الأساسية للنمو والتناسل. وغير مراحل تنشئها طوّرت الكائنات الحيّة طرقاً مختلفة للحصول على غذائها. فالشجر لا يجازي في التوصل إلى الأوراق والشمار في أعالي الشجر، وجهازه الهضمي قادرٌ على هضم هذا الطعام كيمائياً مُحرّكاً مُحتواه من المُغذيات والطاقة.

## الأعضاء

يحتوي جسم الشجر (الجنون) مجموعة من الأعضاء تشمل الدماغ والقلب والرئتين والكبد وسواها. وانغصو تركيبة ذات وظائف مُعيّنة في نطاق الحفاظ على الحياة. ولكل عُضْو شكلٌ مُميّز، ويتألف من مجموعة مُتنوعة من الخلايا المختلفة.

## الخلايا

الخلايا أصغر أجزاء الكائن الحي، وهي حبة كاملة الحيويّة. وخلايا الفصو مُنسقة في مجموعات تدعى أنسجة، وكلُّ نسجٍ يحتوي خلية واحدة من الخلايا ويُؤدّي مدى مُحدداً من الوظائف.

## راموز الجينات

كلُّ خلية تقريباً لها مركز تحكم هو النواة. ويوجد داخل النواة جزيئات طويلة من الحامض النوويّ الرّبيّ المُعقّص الأكسجين الذي يُشار إليه غالباً بـ "DNA". يتألف جزيء DNA من توالي مُزدوج الخيط تربط طاقية "جسور" كيميائية يُؤلف تسلسلها الدقيق راموز جينات الخلية. وهذا الراموز أشبه بوصفٍ لطبيعة وكيفية ما تقوم به الخلية.

## ماكينة الجسم

جسم الحيوان أشبه بمدينة ضخمة تتألف من أجزاء مُتفصلة. أصغر هذه الأجزاء يدعى الخلايا، وهناك ضروبٌ عديدة منها في الكائنات الحيّة، تُوفّر مُجموعة جميع الخدمات التي يحتاجها الجسم، من موارد الطاقة والاتصالات إلى التخلص من الفضلات. فالحيوان الواحد (كما النبتة) قد يحتوي بلايين الخلايا مُنسقة بطريقة فائقة الدقة. وكلُّ ما تقوم به أيُّ خلية تحكمه نواتها.

## أندرياس فيزالْيوس

وَضَعَ فيزالْيوس (١٥١٤-١٥٦٤)

أساسيات علم التشريح الحديث -

علم ودراسة بنية الكائنات الحيّة.

وهو طبيب بلجيكي حقّق أهم إنجازاته في

إيطاليا. فقد عُيِّن في سن الثالثة

والعشرين أستاذاً لعلم التشريح. وفي

العام ١٥٤٣، نشر كتابه هَيْئَةُ الجسم

البشري الذي تميّز بدقة الملاحظة،

وجمالي الرسوم الإيضاحيّة. فكان أول كتاب يبيّن تفاصيل الجسم

البشري بطريقة دقيقة.



الكبد إحدى أكبر أعضاء الشجر. فهي تُعالج الغذاء المهضوم وتقوم بعدة تفاعلات كيميائية وتخزن مواد تُستخدم في إنتاج الطاقة.

الخلايا الكبدية هي أحد أنواع الخلايا في الكبد، وهي مُنسقة مُنحنيًا وتُفرز سائلاً يدعى الصفراء (الموّة) يُساعد في عملية الهضم.

تؤلف الخلايا الكبدية أحد أنواع الأنسجة في الكبد، وفي الكبد خلايا من أنواع أخرى تُكوّن ضروباً أخرى من الأنسجة، كالوعية الدموية.

طاقاتنا في المتواجد في نواة الخلية.



# الخلايا

كُلُّ كائن حي يتألف من خلايا، وكُلُّ خلية منها تشبه مَعْمَلًا بِالْعَصْفَر، تجري فيه آلاف التفاعلات الكيماوية بتحكم فائق الدقة والعناية. وتستخدم الخلايا هذه التفاعلات لأداء كافة المهام الضرورية للحياة. وتتكاثر الخلايا بالانقسام الثنائي (الشطري) مرارًا وتكرارًا. بعض الكائنات الحية، كالمُتَمَوِّرة (الأميبا) أحادي الخلية، وبعضها الآخر، كالإنسان، يتألف من ملايين الخلايا العاملة بتكامل معًا. والخلايا التي تؤلف الأنسجة المختلفة في مُتَعَصِّ مُتَبَايَنَةٍ نَوْعًا. وتختلف الخلايا النباتية عن الخلايا الحيوانية، أساسًا، بجدرانها الجامدة وقدرتها على تخليق غذائها.

الغشاء البلازمي (غشاء الخلية) يحيط بالخلية غشاء بلازمي متساوي يتحكم بحركة المواد (الكيمائيات) من الخلية وإليها. فهو غشاء نصف مُنْقِذ «ينختر» الكيمائيات التي يمكنها المرور عبره من جانب لآخر.

البروتينات الخاصة في غشاء الخلية تنقل المواد المُقَدَّمة من الخلية وإليها.

يتألف الغشاء البلازمي من طبقة مزدوجة الجزيئات.

الغشاء البلازمي (غشاء الخلية) الرئيسات عضيات ربيية تُخَلِّق البروتينات. وتكون إما طافية في هَيُولَى الخلية أو مُلتصقة بالشبكة الهَيُولِيَّة الباطنة.

الشبكة الهَيُولِيَّة الباطنة الخشنة هي هَيُولَى الخلية (السيتوبلازم) سائل غلامي يحوي الفضيات، وغالبًا ما يدور داخل الخلية.

المتقدرة على توليد الطاقة للخلية بتفاعلات التنفس الخلوي. وتوزع حلقاتها الداخلية مساحة كبيرة لحدوث تلك التفاعلات.

## خلية حيوانية نموذجية

الفجوات الخويصلية هي جيوب تُخزِن في الخلية، لِتُخزِن الدُهون مثلاً.

د ن أ في النواة يبقى في داخلها، لكن التعليمات التي يحملها تُنسخ وتُنقل إلى مختلف أجزاء الخلية.

الشبكة الهَيُولِيَّة الباطنة الناتجة تُخَلِّق الدُهون.

## الخلايا الحيوانية

الخلية الحيوانية أشبه بِكَيْسَةٍ دَقِيقَةٍ رَخِيصَةٍ يَمْلَأُهَا مائع. يُضَمُّ الخلية ويُدْعَمُها غشاء مرن رقيق يُدعى الغشاء البلازمي. وهو غشاء نصف مُنْقِذ يُسَمِّحُ بِمرور بعض الكيمائيات عبره دون سواها. ويتوسط الخلية نواة تُحكم كُلُّ ما يجري داخل الخلية. والنواة مُحاطة بِسائل هلامي يُدعى السيتوبلازم (أو هَيُولَى الخلية) يحوي جسيمات تدعى عضيات، لِكُلِّ ضَرْبٍ منها وظيفة في أنشيط الخلية.

## الشبكة الهَيُولِيَّة الباطنة

شبكة الهَيُولَى الباطنة هي نَقْلُ العمل في الخلية، وتتألف من منظومة من الأغشية المزدوجة تجري فوقها التفاعلات الكيماوية. والأغشية مُطَوَّاة ومُرَفَّض بعضها فوق بعض كطبقات الشطيرة، وهي تُشَبَّه بِالْغِشَاءِ التَّوَيِّ وبِالْغِشَاءِ البلازمي (غشاء الخلية).



رئيسات على سطح الشبكة الهَيُولِيَّة الباطنة الخشنة.

نماذج شبكية الغشائية يبلغ طولها ٤٠ ميكرومترًا بالمقارنة مع بقية النفاذة التي يبلغ طولها ٢٥٠.٠٠٠ ميكرومتر.



هذه الصورة المجهرية الإلكترونية، المُصنَّعة اللون، لنباتية شبكية الغشائية تظهر أربع خلايا، أما الخليتان الكرويتان فهما خليتان عصبيتان.

المسام في الغشاء حول النواة (الغشاء النووي) تسمح لِنَسْجِ رَامُوزِ الد ن أ بالانتقال إلى خارج النواة.

## النواة

النواة هي مركز التحكم في الخلية، وتحوي تعليمات كيماوية في جزيئات د ن أ (الحامض النووي الرببي المنقوص الأكسجين) لكافة ما تقوم به الخلية. وينشرد ن أ عادة في النواة كآليات طويلة. وتحوي نوى معظم الخلايا نوية واحدة على الأقل، وهي جسم كروي صغير يُخَلِّقُ عُضَيَاتٍ تُدعى الرِيسَات (أو الأجسام الربيية).



## أحجام الخلايا

معظم الخلايا الحيوانية يتراوح قطرها بين ١٠ و ٢٠ ميكرومترًا (١/١٠٠٠ إلى ١/٢٠٠ من المليمتر)، بينما الخلايا النباتية أكبر قليلًا. لكن الخلايا تتفاوت أحجامها تفاوتًا عظيمًا؛ فأصغر الخلايا التي تعيش حرة هي بكتيريا تدعى المِطَوَّرات، ويبلغ قطر الخلية منها حوالي ٠.١ ميكرومتر. أما البويضات فهي خلايا عملاقة، أكبرها بيضة النعام التي قد يبلغ طولها ٢٥ سم، وهي أكبر ما يُعرَف من خلايا.



بقية النعام قد يبلغ وزنها ١.٥ كغ.

## الخلايا

١٥٩٠ صانع نظارات طبي هولندي، زكاريس جانشين يخترع المجهر المركب (مجهز فيه أكثر من عدسة واحدة) فيجعل الأجسام الصغيرة الملققة مرئية للمرة الأولى.

١٦٦٥ العالم الانكليزي روبرت هوك (١٦٣٥-١٧٠٣) يفتحص شرائح رقيقة غير مجهرية فيرى أشكالاً صندوقية الشكل يدعوها «خلايا».

١٨٣٨ طبيب انكليزي ثودور شوان (١٨١٠-١٨٨٢) يلاحظ أن خلايا جميع الكائنات الحية تتألف من خلايا.

١٩٣٧ البيولوجي الفرنسي، إدوار شاتون، يلاحظ أن بعض المتعضيات المجهرية (بدائيات النواة) ذات خلايا مختلفة تمامًا عن خلايا جميع الكائنات الحية الأخرى.

خلية عصبية



## الخلايا النباتية

تختلف الخلية النباتية عن الخلية الحيوانية، أساساً، بأمرتين مهمتين - فهي مُحاطة، بالإضافة إلى الغشاء البلازمي، بجدار جاسي من السليولوز، كما تحوي عُضَيَات تُدعى جُيَلَات اليخضور تكسيبها لونها الأخضر. وتحتبس هذه الجُيَلَات طاقة ضوء الشمس لتستخدمها الخلية في عملية التخليق الضوئي. مُعظَم خلايا النبات تحوي أيضاً فجوات حويصلية كبيرة تُخزن السُخج الخلوي الذي يضغط على جدران الخلية فتبقى مُكثرة مُحاطة على شكلها. فالثبات يذلل بغور الماء وفُتور ضغط السُخج (ضغط الاكثزاز) على جدران الخلايا.

الغشاء البلازمي يقع بين الجدار السليولوزي والسيتوبلازم في الخلية.

جُيَلَات اليخضور مُنتشرة في السيتوبلازم. وهي تكسيب لونها من خضيب أخضر فيها يُدعى اليخضور (الكُوروفيل)، أما خلايا الجذور وبواطن الجذع والشوك فلا تحوي جُيَلَات اليخضور.

فجوة مليئة بالسُخج الخلوي



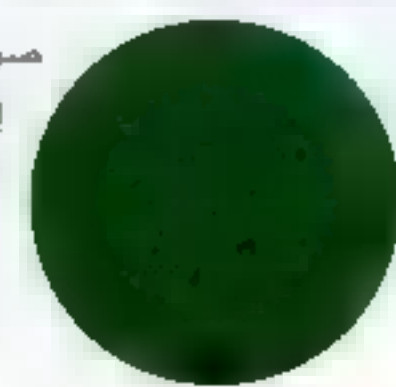
### بنية جدار الخلية

تتألف جدران الخلايا النباتية من مادة متينة تُدعى السليولوز. فتُصنع الخلية أليفاً دقيقة من هذه المادة، بانية إياها في طبقات مُتصالية خارج الغشاء البلازمي، لتولف غلافاً صندوقيّاً جاسياً حولها. وبدون هذه الجدران الخلوية السليولوزية المتينة، كانت مُعظَم النباتات تُسوخ إلى كُتَل رخوة خضراء.

الثواة

السيتوبلازم (هَيُول الخلية)

صورة ومُجهَرية ضوئية للبكتريا المُلتبنة في اللبن الرائب. وهي مُنارة بضوء أخضر ومُكثرة ٤٠٠ مرة.



شبكة الهَيُول الباطنة

جدار الخلية

مُتقدرة

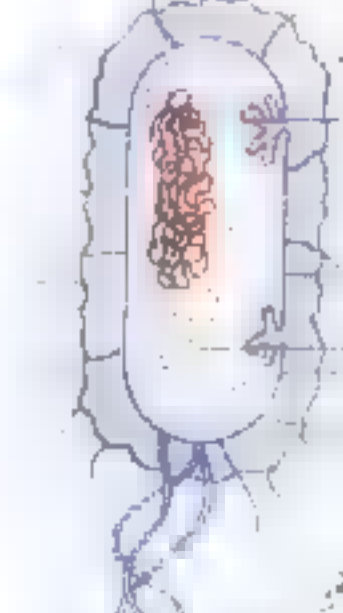
### تفحص الخلايا

مُعظَم الخلايا أصغر جداً من أن يَرى بالعين المُعَرَّدة، لذا يُستخدم المايكروبيولوجيون المجاهر لِتفحصها. فبالمُجهَر الضوئي يمكن تكبير الأشياء بوضوح إلى حوالي ٢٠٠٠ مرة. ونُستخدم أصبغ، أو إنارة حاصّة، لِإبراز أجزاء الخلية المُختلفة. أما المُجهَر الإلكتروني فيمكنه تكبير الأشياء أكثر من مليون مرة، لكنه لا يُستخدم عادةً في تفحص عُيَات حية. هذا وتبدو العُشورة في مُجهَر المُشع (النفوس) الإلكتروني مُجسّمة ثلاثية الأبعاد تقريباً.

صورة مُجهَرية بالمشح الإلكتروني (النفوس) للبكتريا المُلتبنة مُكثرة ١٠٠٠ مرة. المجاهر الإلكتروني تُنتج صوراً بالأسود والأبيض، أما الصورة هنا، فقد لُوئت اصطناعياً بالحاسوب.



بكتيريا (جُرثومة) نفونجي



جزية د ن ا طليق في هَيُول الخلية غشاء بلازمي (غشاء الخلية)

هَيُول الخلية (السيتوبلازم)

جدار خلوي مُخزن خارج الغشاء البلازمي

روائذ سوطية تُحرك البكتيرية.

### الخلايا البدائية

خلايا البكتريا والمُتعضيات الصُغرى الأخرى لا تحوي نوى ولا مُتقدرات، وتُدعى بدائيات النوى. أما باقي الخلايا الأخرى، كخلايا النبات والحيوان، فتحوي نوى، وتُدعى نويات أو حقيقات النوى، وهي أكثر شُبوغاً.

صورة مُجهَرية ضوئية

للألياف عضلية مُكثرة

١٤٠ مرة. يمكن مُشاهدة

النوى المُتعددة وكذلك

بعض التخطّط المُميز

للعضلات التي تشدّ العظام.



صورة مُجهَرية إلكترونية ملونة

اصطناعياً للليف العضلي مُفردة.

مُكثرة ١٩٤٠ مرة. تتألف الليفة

من ليفات مُتوازية عديدة، يُلغ

قُطر الليفة منها ١/٢ من المليمتر.



خلتان حارستان حول نُفُور نباتي

خلية حيوانية عصبية

خلية حيوانية دهنية

خلايا نباتية غريزالية

خلية حيوانية عضلية

خلية دم حمراء (الحيوان ليون)

### أشكال مُختلفة لوظائف مُختلفة

الخلايا المُختلفة التُمط في النبات والحيوان هي خلايا مُتخصصة لِلقِيام بوظيفة مُحددة. فالخلايا الدهنية تُخزن الدهن كسُخج دهني. أو لِحين الحاجة إلى دهن للطاقة. والخلايا العُضوية تُنقل الرسائل من أحد أجزاء الجسم إلى جزء آخر، والخلايا العُضلية تُفعل لِتحريك أحد أجزاء الجسم. وتُنقل خلايا الدم الحُمُر الأكسجين في الحيوان، كما تُنقل الخلايا الغريزالية المُغذيات في النبات. وبخلاف مُعظم الخلايا الأخرى، فهذان النوعان من الخلايا عديمَا الثواة. وتُوجد الخلايا الحارسة في سطح ورقة النبات وتُحكّم بالتغيرات بِضبط السُخج والتشمس، وهي تحوي أيضاً جُيَلَات اليخضور لِاستخدام طاقة الشمس في التخليق الضوئي.

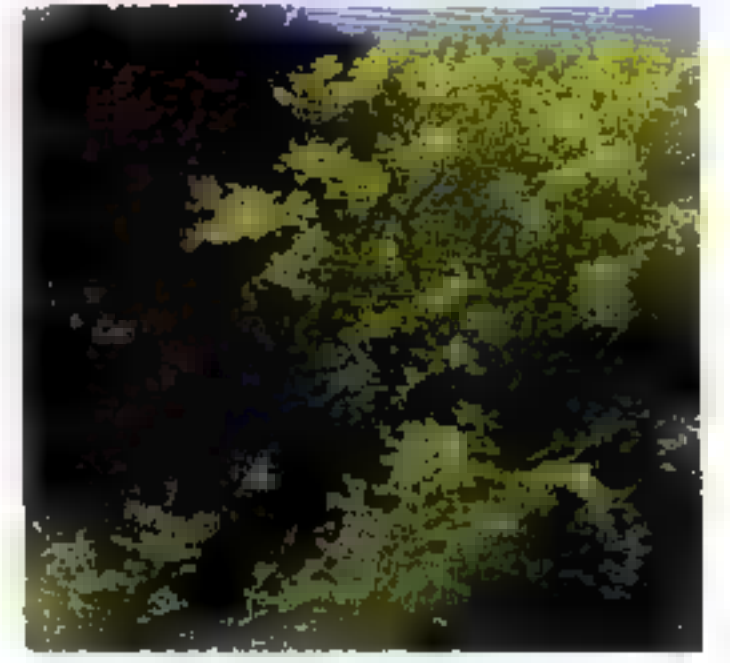
### لمزيد من المعلومات انظر

- العلماء - كيف وماذا يعملون ص ١٤
- الإبصار ص ٢٠٤
- المتعضيات الوحيدة الخلية ص ٣١٤
- الجرانيم (البكتريا) ص ٣١٣
- التخليق الضوئي ص ٣٤٠
- النفس الخلوي ص ٣٤٦

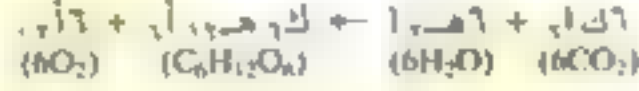


# التَّخْلِيْقُ الضَّوْئِيُّ

نحنُ لا يُمكننا تخليقُ الغذاءِ بِمُجَرَّدِ التَّعَرُّضِ لِنُورِ الشَّمْسِ كما تفعلُ النباتاتُ. فخلالَ عمليةِ التَّخْلِيْقِ الضَّوْئِيِّ تَسْتَمِدُّ النباتاتُ الطَّاقَةَ مِنْ شَعِّ الشَّمْسِ لِتُسْتَخْدِمَهَا فِي تَحْوِيلِ المَاءِ وَثَانِي أُكْسِيدِ الكَرْبُونِ إِلَى سُكَّرٍ بَسِيطٍ يُدْعَى الغلوكوزُ. وَهِيَ تَسْتَهْلِكُ قِسْماً مِنْ هَذَا الغلوكوزِ فِي أَنْشِطَةٍ خَلايَاهَا، وَتُحَوِّلُ البَاقِي إِلَى مَوَادِّ أُخْرَى كَالنَّشَاءِ وَالسَّلُولُوزِ. وَالنباتاتُ لَيْسَتْ الكائناتُ الحيةُ الوَحِيدَةُ الَّتِي تَقُومُ بِعَمَلِيَّةِ التَّخْلِيْقِ الضَّوْئِيِّ، فَبَعْضُ الأَوَالِي وَبُدَائِيَّاتِ النَّوَى (المُونِيرَا) تُخَلِّقُ الغِذَاءَ بِهَذِهِ الطَّرِيقَةِ أَيْضاً.



فِي عَمَلِيَّةِ التَّخْلِيْقِ الضَّوْئِيِّ تَتَفَاعَلُ الأَوْرَاقُ المَاءَ وَثَانِي أُكْسِيدِ الكَرْبُونِ وَتُنْتِجُ الغلوكوزَ والأُكْسِجِينَ، حَسَبِ المَعَادِلَةِ الكِيمَاوِيَّةِ التَّالِيَةِ:

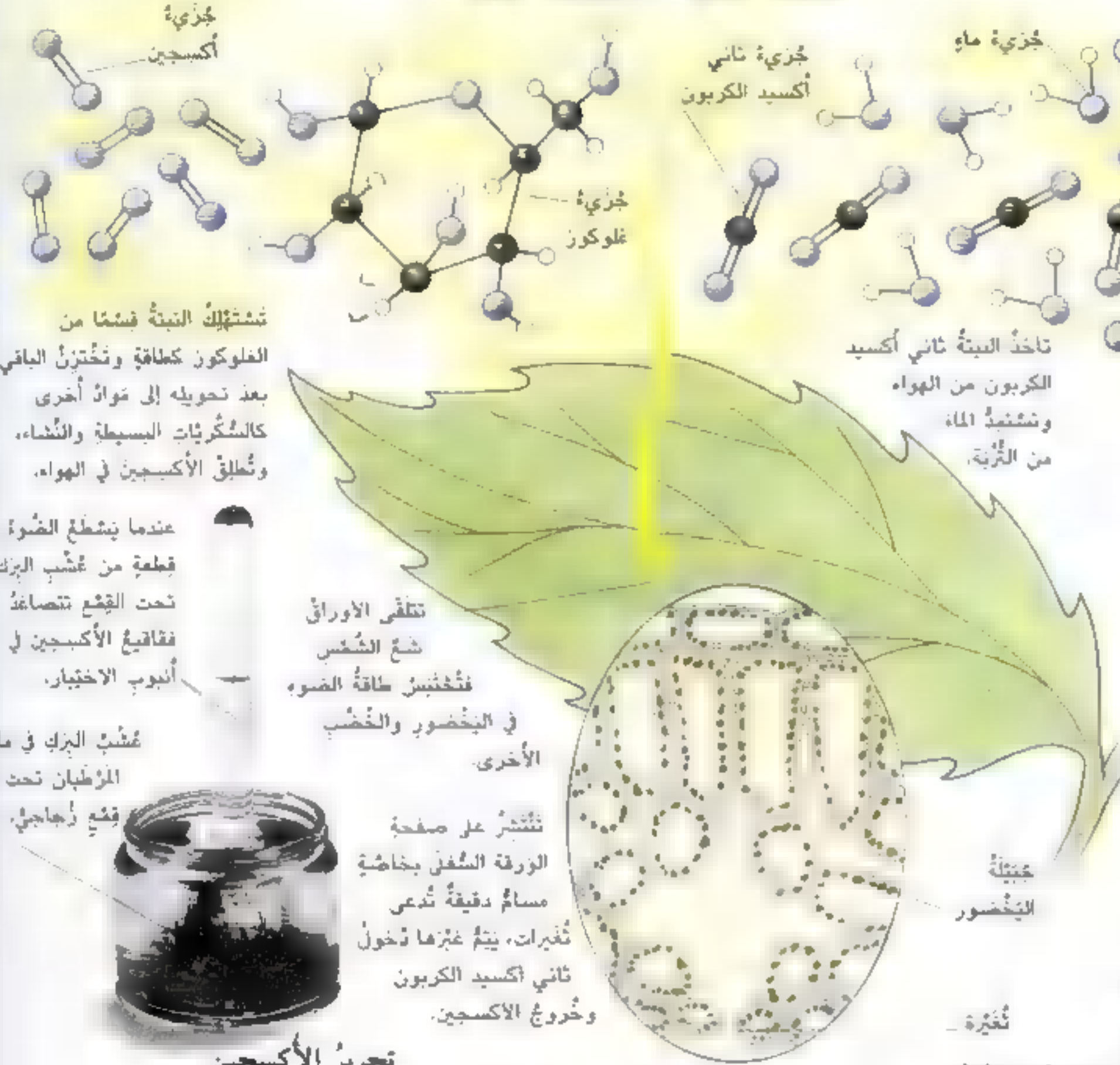


## لماذا أوراق النبات في معظمها خضراء؟

يتألف ضوء الشمس من ألوانٍ مُتَعَدِّدَةٍ، وَغَالِبِيَّةُ النباتاتِ تَحْوِي خَضْباً أَخْضَراً، يُدْعَى اليَخْضُورُ (الكلوروفيل)، يَعْكُشُ الجُزْءُ الأخضرُ مِنَ الضَّوءِ، فَرَاهَا خَضْرَاءَ، وَيَمْتَصِفُ اليَخْضُورُ الجُزْأَيْنِ الأزرقِ والأحمرِ وَيُسْتَخْدِمُهُمَا فِي عَمَلِيَّةِ التَّخْلِيْقِ الضَّوْئِيِّ. وَهَناك نباتاتٌ، كَالزَّائِدِ النُّحَاسِيِّ أَوِ الأَرَجَوَانِيِّ النَّوْنِ المِثْلِيِّ فِي الحَرَجَةِ أعلاه، وَكَالْأَشْجَابِ البَحْرِيَّةِ الحُمْرَاءِ وَالبَيْضَةِ، تُسْتَخْدِمُ بِالإِضَافَةِ إِلَى اليَخْضُورِ، خَضْباً أُخْرَى تَمْتَصِفُ أَلْوَاناً أُخْرَى مِنَ الضَّوءِ، فَلَا تَبْدُو خَضْرَاءَ.

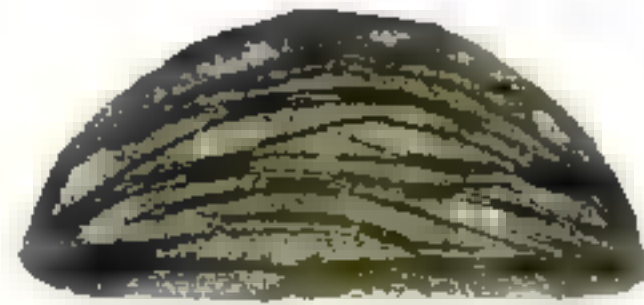
## كِيمياءُ التَّخْلِيْقِ الضَّوْئِيِّ

تَبْدُو عَمَلِيَّةُ التَّخْلِيْقِ الضَّوْئِيِّ فِي الأَوْرَاقِ حَيْثُ يَحْوِي العَدِيدُ مِنْ خَلايَاهَا عُضَيَّاتٍ دَقِيقَةً تُدْعَى جُيَّيَلَاتِ اليَخْضُورِ. يَحْتَمِلُ اليَخْضُورُ وَالخَضْبُ الأُخْرَى، فِي الجُيَّيَلَاتِ، طَاقَةَ شَعِّ الشَّمْسِ لِتُسَخِّرَهَا فِي إِنْجَامِ سِلْسِلَةٍ مُعَقَّدَةٍ مِنَ التَّفاعُلَاتِ الكِيمَاوِيَّةِ. فِي هَذِهِ التَّفاعُلَاتِ تَتَحَلَّلُ جُزْأِيَّاتُ المَاءِ إِلَى ذَرَّاتٍ مِنَ الهَيْدُرُوجِينِ والأُكْسِجِينِ؛ فَتُشْجَدُ ذَرَّاتُ الهَيْدُرُوجِينِ بِجُزْأِيَّاتِ ثَانِي أُكْسِيدِ الكَرْبُونِ لِتُنْتِجَ الغلوكوزَ، وَيُطْلَقُ الأُكْسِجِينُ حُرّاً كَنَائِجٍ نَائِوِيٍّ.



## تَحْرِيرُ الأُكْسِجِينِ

لَا يُمكننا مُشَاهَدَةَ الأُكْسِجِينِ الَّذِي تُطْلَقُهُ النباتاتُ فِي الظُّرُوفِ العَادِيَّةِ. لَكِنْ أَثناءَ عَمَلِيَّةِ التَّخْلِيْقِ الضَّوْئِيِّ فِي النباتاتِ المَائِيَّةِ، تَتكوَّنُ فقائِيقُ الأُكْسِجِينِ أحياناً عَلَى سَطُوحِ الأَوْرَاقِ. أَمَّا ثَانِي أُكْسِيدِ الكَرْبُونِ فَتَحْضُلُ عَلَيْهِ هَذِهِ النباتاتُ مِنَ الغُذَائِ مِنْهُ فِي المَاءِ.



يَنْشُطُ اليَخْضُورُ عَلَى سَطُوحِ الأَقْرَاصِ.

## أَوْرَاقُ الخَرِيفِ

فِي الخَرِيفِ، يَتَحَلَّلُ اليَخْضُورُ فِي أَوْرَاقِ الكَثِيرِ مِنَ الشَّجَرِ (تُسَمَّىهَا المَعْبِلَةُ) فَتَقْلُونَ حِينَئِذٍ بَأَيِّ خَضْبٍ أُخْرَى بَاقِيَةٍ فِيهَا كَالخَضْبِ الجُزْأِيَّةِ الَّتِي تَجْعَلُ الجُزْءَ بَرْتَقَالِيًّا، أَوِ الأَنْثُوسْيَانِيَّةِ، الَّتِي تَجْعَلُ بَعْضَ النُّجَاحِ أَحْمَرَ.



## جان إنجنهوز

اعتَقَدَ النَّاسُ سَالِفاً أَنَّ لِمَوْتِ النباتاتِ يَتِمُّ بِأَمْتِصَاصِ المَوَادِّ مِنَ التُّرْبَةِ فَقَطْ. ثُمَّ تَبَيَّنَ فِي القَرْنِ الثَّامِنِ عَشَرَ أَنَّهَا تَحْتَاجُ إِلَى الهَوَاءِ أَيْضاً. فَقَدْ اكْتَشَفَ العَالِمُ الهُولَنْدِيُّ، جَانِ إنْجِنِهَوْزُ (1730-1799)، أَنَّ



النباتاتُ، فِي نُورِ الشَّمْسِ، تَأْخُذُ ثَانِي أُكْسِيدِ الكَرْبُونِ مِنَ الهَوَاءِ وَتَلْفِظُ الأُكْسِجِينِ. كَمَا وَجَدَ أَنَّ مَسَارَ هَذَيْنِ الغَازَيْنِ يَتَعَكَّسُ فِي الظُّلْمَةِ (نَتِيجَةُ لِعَمَلِيَّةِ التَّنَفُّسِ المُسْتَمْرَةِ).

## لَزِيدُ مِنَ المَعْلُومَاتِ تُنْظَرُ

- تَوْصِيفُ التَّفاعُلَاتِ ص ٥٣
- الضَّوءُ ص ١٩٠
- الألوانُ ص ٢٠٢
- الهَضْمُ ص ٣٤٥
- التَّنَفُّسُ الخَلَوِيُّ ص ٣٤٦
- النُّمُو وَمُراجِلُهُ ص ٣٦٢

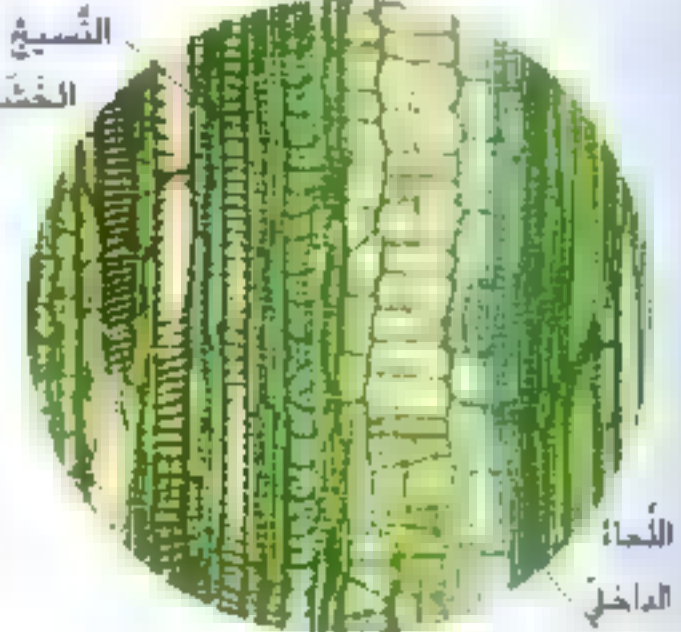


# نظام النقل في النبات

إذا أغفلت تزويد نبتة منزلية بالماء، فإنها تذبل وتموت. ويحدث ذلك لأن النباتات تحتاج إلى الماء لتعيش. يسري الماء صعداً عبر جذور النبتة وسوقها وأغصانها، ويتبخر في الهواء بالتبخر من أوراقها وأزهارها. وتعمل هذه الحركة على إبقاء خلايا النبتة ممتلئة، كما تحمّل إلى عل المواد الغذائية المذابة من التربة. وفي النبات نظام نقل آخر يدعى "النسج الكامل" يعمل عادة في الاتجاه المعاكس، حاملاً المواد الغذائية من الأوراق إلى البراعم والعنابر والجذور.

يتبخر الماء من الورقة عبر مسام دقيقة تدعى ثغرات، تنتشر بخاصة على سطحها السفلي.

النسج الخشبي



## نظام نقل في اتجاهين

ينتقل الماء صعداً في النبتة عبر خلايا النسج الخشبي الأسطوانية الشكل والمتصلة طرفاً بطرف. وعندما تموت تلك الخلايا تخلف وراءها أوعية أنبوبية دقيقة تملأ بالنسج الناقص تمتد من الجذور صعداً إلى كل ورقة. أما المواد الغذائية المذابة (النسج الكامل) فتنتقل عبر نظام من الأوعية الأنبوبية المختلفة توافها خلايا اللحاء الداخلي.

## التبخر

تفقد الشجرة الضخمة يومياً قرابة ألف لتر من الماء عبر أوراقها بالتبخر، فما الذي يدفع الماء صعداً لتعويض ذلك؟ الواقع أن الماء الصاعد يدفع ويجذب. فالجذور غالباً تدفع الماء صعداً إلى مدى قليل بما يدعى ضغط الجذور، كما إن الماء المتبخر من الأوراق يجذب مزيداً من الماء ليحل محله. ويحدث هذا في بعضه، لأن جزيئات الماء يجذب بعضها بعضاً، وفي بعضه الآخر بالضغط التناضحي (الأزموزي).

ينتقل الماء صعداً في النسج من الجذور



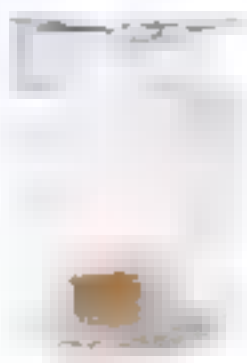
## أنابيب النقل

خلايا النسج الخشبي واللحاء الداخلي تتصانم معاً في مجموعات تدعى الحزم الوعائية - يكون النسج الخشبي من الداخل واللحاء من الخارج. وغالباً ما تكون خلايا النسج الخشبي مقفلة مما يفتي الأنابيب مفتوحة لانتقال السوائل صعداً بسهولة.

## الإذماغ (النسج)

أحياناً في النباتات الخفيضة (اللاطئة)، يضح الماء صعداً من الجذور بسرعة تفوق سرعة تنجته من الأوراق. فتتكون نتيجة لذلك قطرات ماء حول أطراف الورقة لأن الماء لم يتبخر بسرعة كافية. ويعرف هذا بالنسج أو الإذماغ النباتي. ويحدث الإذماغ غالباً بعد القتمة شرط أن يكون الهواء ساكناً ورطباً.

وضع شمع من البطاطا في ماء مالح مدة أربع وعشرين ساعة، فانتقل قليلاً لأن الماء سقى منه إلى الخارج بالتناضح.



وضع شمع من البطاطا من الختم نفسه في الماء العادي مدة أربع وعشرين ساعة، فانتقل قليلاً لأنه امتص ماء بالتناضح.

## التناضح

إذا وضعت عسقول بطاطا مقشوراً في ماء مالح جداً، فسيسقط الماء من خلايا البطاطا إلى الخارج. أما إذا وضعت في الماء العادي، فخلايا البطاطا هي التي تمتص الماء حينئذ. إن سريان الماء إلى الخلايا أو منها يدعى التناضح. وفي عملية التناضح يسري الماء عبر غشاء نصف منفذ من الجانب الذي يحوي نسبة أعلى من جزيئات الماء إلى الجانب الذي يحوي نسبة أخفض من جزيئات الماء (وبالتالي مواد مذابة أكثر).

شريحة من ضلع الكرّفس تبرز خلايا النسج الخشبي ملونة بالصنّيع.



## ملاحظة التبخر

يمكنك معاينة التبخر عملياً بوضع ضلع موري من الكرّفس في إناء لوان ماء بصنّيع أطعمة أحمر. فتح تبخر الماء من الأوراق يصعد الماء في الضلع حاملاً الصنّيع معه. وهذا دليل على أن الماء ينتقل عبر أنابيب دقيقة هي خلايا النسج الخشبي.

## لمزيد من المعلومات انظر

- النظرية الحركية ص ٥٠
- الألوان ص ٢٠٢
- النباتات الزهرية ص ٣١٨
- الخلايا ص ٣٣٨
- التخليق الضوئي ص ٣٤٠
- التكاثر اللاجنسي ص ٣٦٦



## التَغذية

كُلُّ كائِنٍ حَيٍّ يَحْتَاجُ إِلَى الْمُغَذِّياتِ (الموادِّ الأوليّة) لِيَعِيشَ. وَالتَغذية هِيَ وَسِيلَةُ الحُصُولِ عَلَى تِلْكَ الموادِّ وَاسْتِخْدَامِهَا كَمَا يَنْبَغِي. وَالإنْسَانُ، كَسَائِرِ الحَيَوَانَاتِ الأُخْرَى، غَيْرِيّ الاغْتِذاءِ، إِذْ يَحْضُلُ عَلَى الْمُغَذِّياتِ بِتَنَاوُلِ الأَطْعَمَةِ العُضْوِيَّةِ مُرَكَّبَةٍ. وَتَحْوِي الأَطْعَمَةُ المَخْتَلِفَةُ ثَلَاثَةَ أَنْوَاعٍ رَئِيسِيَّةٍ مِنَ الْمُغَذِّياتِ هِيَ البروتينات وَالدُّهُونَ وَالكربوهيدرات. فَالبروتينات تُبْنِي أَجْسَامَنَا وَتُرْمَمُ مَا يَتَلَفُ مِنْ أَنْسِجَتِهَا، أَمَّا الدُّهُونُ وَالكربوهيدرات فَتُستَخدَمُ أساسًا لِتَوْفِيرِ الطَّاقَةِ. كَذَلِكَ نَحْتَاجُ إِلَى مُغَذِّياتٍ أُخْرَى، لَكِنْ بِمَقَادِيرٍ أَقَلٍّ، كَالْمَعَادِنِ الَّتِي تُبْنِي جُزْئِيَّاتٍ مُهِمَّةً فِي الجِسْمِ، وَالفيتامينات الَّتِي تَحْفَظُ تَفَاعُلَاتٍ كِيمَاوِيَّةً مُعَيَّنَةً. أَمَّا النِّبَاتَاتُ فَمُخْتَلِفَةُ طَرِيقَةِ العِيشِ تَمَامًا، فَهِيَ ذَاتِيَّةُ الاغْتِذاءِ تَقُومُ بِتَصْنِيعِ غِذَائِهَا بِنَفْسِهَا، وَلَا تَحْتَاجُ فِي ذَلِكَ إِلَّا إِلَى مُغَذِّياتٍ بَسِيطَةٍ كَثَانِي أَكْسِيدِ الكَرْبُونِ مِنَ الهَوَاءِ، وَالماءِ وَالأَمْلاحِ المَعْدِنِيَّةِ مِنَ التُّرْبَةِ.

### الغذاء المتوازن

التغذية الجيدة تعني تناول الغذاء الصحيح بالنسبة الصحيحة. في الطبقات أعلاه، ونجده تشمل أصناف أطعمة مختلفة تُوفِّرُ نَوَاقِصًا مِنَ البروتينات وَالدُّهُونَ وَالكربوهيدرات، كَمَا تَحْوِي مَدَى شَامِلًا مِنَ المَعَادِنِ وَالفيتامينات. إِنَّهُ مِنَ المُهِمِّ جَدًّا تَنَاوُلُ تَشْكِيلِيَّةٍ شَامِلَةٍ مِنَ الأَطْعَمَةِ، بِدَلِّ الأَطْعَمَةِ "الخفيفة" كَالْمَقْلُوباتِ المُرَشَّةِ، الَّتِي تُوفِّرُ غَالِبًا الدُّهُونَ وَالكربوهيدرات ذَوْنَ سِوَاهَا.

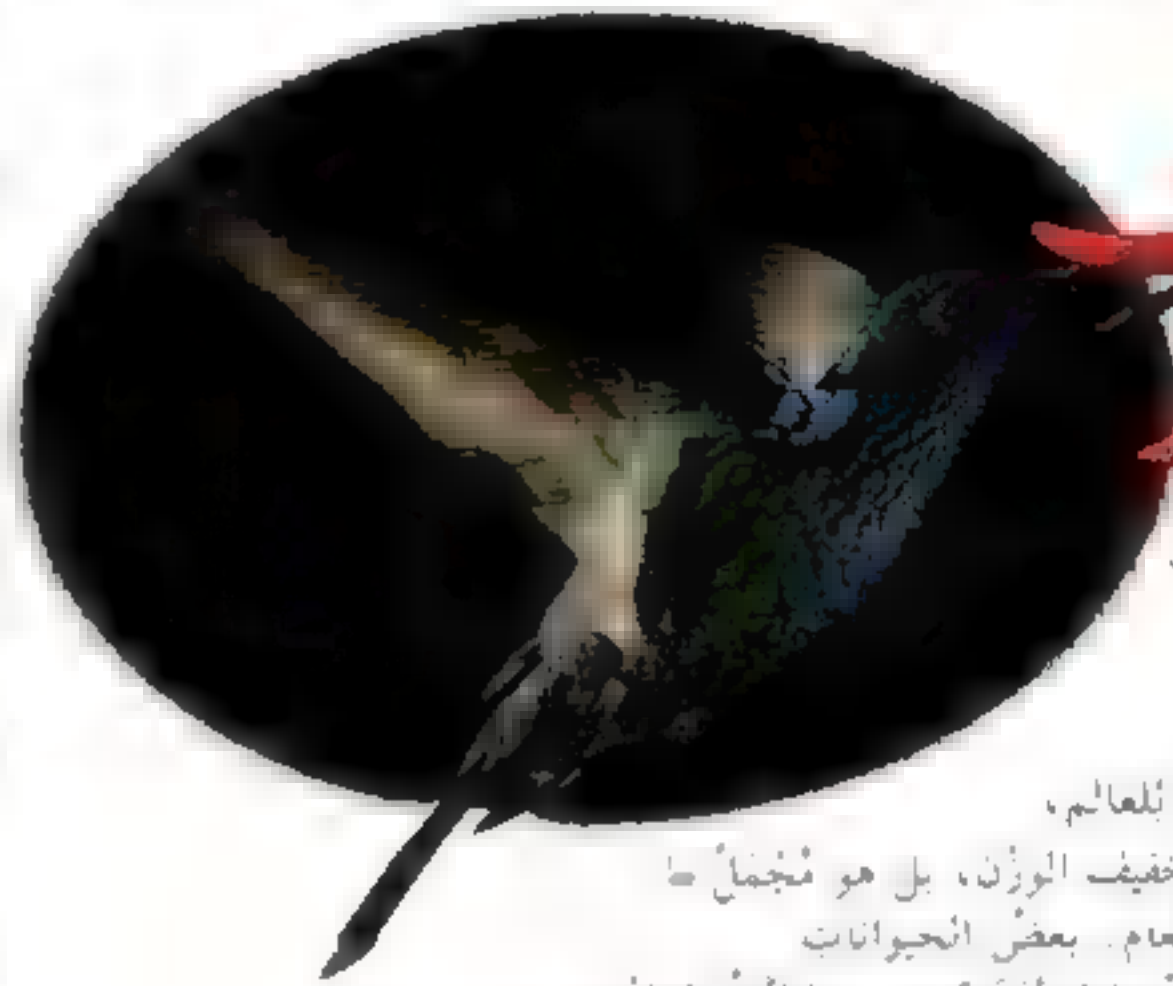


### سوء التغذية

إِذَا فَقِدَ غِذَاءُ الحَيَوَانِ نَوْعًا مُعَيَّنًا مِنَ الْمُغَذِّياتِ تَتَحَرَّفُ صِحَّتُهُ لِسُوءِ التَغذيةِ، وَقَدْ يُعَانِي مِنَ "دَاءِ الغُورِ"، فِي بَعْضِ أَقْطَارِ العَالَمِ، يُعَانِي الأَطْفَالُ مِنَ الكَوَاشِرْ كُورِ السُّفْلِيِّ، وَهُوَ غَوَارُ (دَاءِ غُورِي) سَبَبُهُ نَقْصُ البروتينات. وَالنِّبَاتَاتُ أَيْضًا تُسُوءُ حَالُهَا إِذَا افْتَقَرَتِ التُّرْبَةُ إِلَى بَعْضِ المَعَادِنِ المُهِمَّةِ. أَوْرَاقُ الكَرَزِ المُسَيِّئَةِ أَعْلَاهُ، تُعَانِي مِنَ غُورِ المَغْنِيسِيُومِ.

الطُّيُورُ الطَّنَائِلَةُ تُوفِّرُ طَاقَةَ النُّحُومِ وَالاِسْتِقْرَارَ لِمَا ارْتِجَازُ مِنَ الرُّحْبِيقِ المُقْتَرِي العَنِي بِالسُّكَّرِيَّاتِ، لَكِنْ الرُّحْبِيقُ فَقِيرٌ بِالْبَرُوتِينِ، لِذَا تُعْرَظُ الطَّنَائِلُ بِالنِّهَامِ مَعَصُ الحَمَضَاتِ أَيْضًا.

مُتَوَسِّعُ (السُّرُوعِ) الفَرَّاشَةُ المَفْرُوقَةُ الذَّيْلُ (بَابِلِيُومَ مَأكَلُونَ) نَكَادٌ لَا تَتَوَقَّعُ مِنَ الأَكْلِ مَا دَامَتْ بِقِطْعَةٍ.



مُتَوَسِّعُ الطَّنَائِلِ طَوِيلُ أَنْسُوبِي الشَّكْلِ كَقَشَّةِ الشُّرْبِ.

### النَّظَامُ الغِذَائِي

النَّظَامُ الغِذَائِي، بِالنِّسْبَةِ لِلْعَالَمِ، لَا عِلَاقَةَ لَهُ بِالْحَيَاةِ وَتَخْفِيفِ الوُزْنِ، بَلْ هُوَ مُجْمَلٌ مَا يَتَنَاوَلُهُ الحَيَوَانُ مِنَ الطَّعَامِ. بَعْضُ الحَيَوَانَاتِ مُتَنَوِّعُ الطَّعَامِ، وَبَعْضُهُ أَتَقَاتِي مُنَحَصَصٌ. فَالطَّنَائِلُ البَالِغُ، مَثَلًا، يَتَنَاوَلُ أَساسًا بِمُغْتَرِ (رُحْبِيقِ) الزَّهْرِ، وَهُوَ سَائِلٌ سَكَّرِيٌّ غَنِيٌّ بِالْكَربُوهيدراتِ وَمُضْدَرٌّ جَيِّدٌ لِلطَّاقَةِ.

### العَاشِبَاتِ

ضُرُوبٌ كَثِيرَةٌ مِنَ الحَيَوَانِ، مِنَ الأَسَارِيعِ حَتَّى العِلَّةِ، تَتَنَاوَلُ بِالأَغذية السَّائِلَةِ فَقَطْ، وَتُعرفُ بِالعَاشِبَاتِ. لَكِنْ هَذَا الطَّعَامُ يَفْتَقِرُ غَالِبًا إِلَى المُغَذِّياتِ. لِذَا تَقْصِرُ العَاشِبَاتُ قَلِيلًا مِنَ حَيَاتِهَا فِي الأَكْلِ لِلحُصُولِ عَلَى كِفَايَتِهَا مِنَ الطَّاقَةِ وَالمُغَذِّياتِ. بَعْضُ العَاشِبَاتِ، كَالْحَمَلِ، يَحْوِي جِهَازَهَا الهَضْمِيَّ نَوْعًا مِنَ البَكْتِيرِيَا لِتُسَاعِدُهَا فِي تَحْلِيلِ الطَّعَامِ لِاسْتِخْلَاصِ المُغَذِّياتِ مِنْهُ.



### اللَّاحِمَاتِ

سَمَكَةُ الكَرَمِي مِنَ اللَّوَحِمِ الَّتِي تَعْتَدِي بِالحَيَوَانَاتِ الأُخْرَى طَعَامِهَا غَنِيٌّ بِالمُغَذِّياتِ، تَذَلُّكَ تَكْفِيهَا لِوُجُوهِ الوَاحِدَةِ مِنْهُ وَقَتًا طَوِيلًا. لَكِنْ هَذَا النُّوعُ مِنَ الطَّعَامِ يُسَبِّبُ السُّهْلَ المُعَانِي، فَتَذَلُّ السَمَكَةُ عَالِمًا، كَمَا سَائِرُ اللَّوَحِمِ، صَاقَةً وَجَهْدًا وَوَقْتًُا طَوِيلًا لِإِيجَادِ الوُجُوهِ مِنَ الطَّعَامِ وَفَتَاقِصِهَا.

### القَوَارِثِ

الْوَاكُورُ وَالثَّدْبُ وَالْإِسَارُ مِنَ القَوَارِثِ الَّتِي تَعْتَدِي بِالأَطْعَمَةِ النِّبَاتِيَّةِ وَالحَيَوَانِيَّةِ. وَالقَوَارِثُ لَيْسَتْ مُتَشَدِّدَةً فِي انْتِقَاءِ طَعَامِهَا - إِذَا يَتَبَشَّرُ لَهَا عَادَةً إِيْجَادُ مَا تَأْكُلُهُ. وَيَسْتَصْبِغُ الرَّاكُورُ بِحَاصِةِ الإِقْتِيَابِ بِفَضْلَاتِ أَطْعَمَةِ الإنسانِ.



### المزيد من المعلومات انظر

- كيمياء الأغذية ص ٧٨
- المفصلّات ص ٣٢٢
- الأسماك ص ٣٢٦
- الاغْتِذاء ص ٣٤٣
- الإنسان والمُكَلِّان ص ٣٤٤
- الهضم ص ٣٤٥
- السُّلَاسِلُ وَالتَّشْكِلاتُ الغِذَائِيَّةُ ص ٣٧٧
- خَفَائِقُ وَمَعْلُومَاتُ ص ٤٢٢



## الاغْتِذاء

في العُصُورِ الغَائرة، كان الناسُ يَحْصُلُون على قُوَّتِهِمْ بِجَمْعِ البُزُورِ والثَّمَرِ وَصَيْدِ الحَيَواناتِ. أمَّا اليَومُ فمُعْظَمُ طِعامِنا يُنتَجُ في المَزارعِ على اِختِلافِها؛ وَبَدَلُ أَنْ نَجْمَعَهُ بأنفُسِنا، يَقُومُ أَهْلُ الحَضَرِ وَسُكَّانُ المُدُنِ مِنَّا بِشِرائِهِ مِنَ الحِوانِيتِ. غَيْرَ أَنَّ ذَلِكَ مُخْتَلِفٌ جَدًّا في العالَمِ الطَبِيعِيِّ؛ فَالحَيَواناتُ البرِّيَّةُ تَقْضِي قِسْمًا كَبِيرًا مِنْ وَقْتِها في الاِغْتِذاءِ أو في طَلَبِهِ سَالِكَةً سُبُلًا تَعْتَمِدُ على نَوعِ الطَّعامِ الَّذِي تَأْكُلُهُ. فَالعَاشِبَاتُ (أَكِلَاتُ النَبْتِ) عَموماً لا تَبْحَثُ بَعِيدًا عَنِ طِعامِها، لأنَّ النَباتاتِ مُسْتَقَرَّةٌ في مَواقِعِها لا تُفَارِقُها. أمَّا اللَّاحِمَاتُ (أَكِلَاتُ اللَّحْمِ) فَعَلِيقَها تَعْقُبُ فرائِسَها وَقَتَصِها؛ لَكِنَّ بَعْضَ الحَيَواناتِ، كَالْبَرِّيْقِ وَشَقِيقِ البَحْرِ، يَقْبَعُ في مَكانٍ واحِدٍ وَيَنْتَظِرُ اقْتِرابَ الغِذاءِ مِنْهُ.



### الأمان مع القطيع

تَقْتَذِي الغِزَلانُ بالأعْشابِ في سُهولِ إفريقيا الشاسِعة المَكشُوفة أمامَ أعدائِها الكَثَرِ - حيثُ سَبيلُها الدِّفاعِيُّ الوحِيْدُ هو سُرْعَةُ الغَدُوِّ هَرَبًا. لَذا نَجِدُ الغِزَلانَ أمانًا أَفْضَلَ بِالْعِيشِ قُطْعانًا. فبَينما بَعْضُها يَرعى العُشبَ، يَقُومُ البَعضُ الأخرُ بِالمَراقِبَةِ الحَذِرَةِ نَحْصًا لِأَيِّ خَطرٍ داهِمٍ.



### المُفْتَرَسُ والفَرِيسَةُ

الرَّيَابَةُ الأَفْرَمَةُ هي إِحدى أَصْغَرِ الدِّبُوناتِ المُفْتَرِسةِ حَجمًا إِذا لا يَزِيدُ طُولُها، مِنَ الرَّاسِ إِلى طَرفِ الذَّيلِ، على ٧,٥ سم ولا يَزِيدُ وَزْنُها على ثَقلِ مُكْتَبِرٍ مِنَ الشَّكْرِ. وَرُغْمَ حَجمِها الضَّعِيفِ، فَهي ضارِيَةٌ شَرِيسَةٌ تُفَصِّلُ الخُرطُونِ (دودة الأرض) بِأَسنانِها الحادَّةِ وتَبْدَأُ الاِغْتِذاءَ بِها على الفُورِ. وَتَسْتَهْلِكُ الرَّيَابَةُ يَومِيًّا كَمِيَّةً طِعامٍ تُقاربُ وَزْنُها كَضرُورَةِ حَيائِتيَّةِ. أمَّا الضُّواريُّ اللَّبُونَةُ الأَكْبَرُ، فَتَأْكُلُ كَمِيَّاتٍ أَكْثَرَ نَباتِيَّةً. لأنَّ أَجْسامَها تَسْتَهْلِكُ الطَّاقةَ بِمُعدَّلٍ أَبطَأَ كَثِيرًا.



### الفعل كُفْرِيْق

تَصيْدُ بَعْضِ الضُّواريِّ فرائِسَها بِالعَمَلِ جَماعَةً كُفْرِيْق. هُنا أَحَدُ نَباتِ أوى يَهاجِمُ الغَزالَةَ الأمَ. رُغْمَ أَنَّهُ لا يَقْوى عَلِيقَها، لِيَصْرِفَ انْتِباهاها عَنِ صَغيرِها - في جَينَ يَلْقُضُ ابنُ أوى الأخرَ على الصَغيرِ وَيَقْبِضُها. وَهَكَذا يَنْجَحانِ مَعًا في الحَصولِ على وَجِيةٍ ما كانَ يَسْتَطِيعُ واحِدُهُما الحَصولَ عَلِيقَها بِفَرْدِهِ.

### الاِغْتِذاءُ الارْتِشاخِي

هذه الدَّودة الجُرُوحِيَّةُ (بِرُوْتِيولا إِنْشِيْتوم) تَعاشُ بِارْتِشاخِ الجُسيماتِ الغِذائِيَّةِ الدَّقِيقَةِ مِنَ المَاءِ. فَمَراوِجُها خَلَقاتُ مِنَ اللُّوَبِيسِ تَحْبِسُ جُسيماتِ الطَّعامِ؛ فَتَذَفِّقُها شُعيراتٍ دَقِيقَةً نَحَرَ فَمِ الدَّودةِ. هُناكَ حَيَواناتٌ مُخْتَلِفَةٌ كَثِيرَةٌ تَعاشُ بِارْتِشاخِ الغِذاءِ. تَشْمَلُ الرُّخوياتُ، كَالْمِخارِ وَبَلَحِ البَحْرِ وَالإسْفنجِيَّاتِ وَالخَبائِزِ الكَبِيرَةِ. وَتَقْضِي الحَيَواناتُ الصَغيرَةُ الارْتِشاخِيَّةُ الاِغْتِذاءَ عَادةً حَيائِتها البالِغةَ في مَكانٍ واحِدٍ. أمَّا أَكْبَرُ الحَيَواناتِ الارْتِشاخِيَّةِ التَّغْذِيَّةِ فَهي الجِيجانُ الَّتِي تَرْتَشِيقُ غِذاءَها أَثناءَ السَّباحَةِ.



### الاِغْتِذاءُ بِفَضَلاتِ الطَّعامِ

عِدَّةٌ مِنَ الفُطُرِ المُخْتَلِفَةِ تَقْتَذِي بِالمَوادِّ الغِذائِيَّةِ في هذه القِطْعَةِ مِنَ الخُبْزِ. وَهي طَبِعا لا تَبْلِغُ قِطْعَ الخُبْزِ كَامِلَةً، بَلْ تَمْتَصُّ مِنْها الكِيميائِيَّاتِ الغِذائِيَّةَ بِواسِطَةِ كُثْلَةٍ مِنَ الخِيطانِ الدَّقِيقَةِ. وَهذه الفُطُرُ، كَمَا البِكْتِريا، مُهِمَّةٌ جَدًّا لِأَنَّها تَعْمَلُ على تَفْكِيكِ وانجِلالِ بَقايا المُتَغَضِّياتِ الحَيَّةِ بَعْدَ مَوْتِها، وَلِذلِكَ تُسَمَّى رَمَّاماتٍ. وَهناكَ فُطُرٌ أُخرى تَعاشُ وَتَنَمُو على المُتَغَضِّياتِ الحَيَّةِ، وَتُسَمَّى طُفِيلِيَّاتٍ.



### شَبْكَةٌ تَحْتَ مائَةٍ

نَعيشُ بِمَراقِباتِ الكادِيسِ (الدَّبابَةِ الشَّعْبِيَّةِ الجَنائِحِيْنَ) في المِجارِي النَهْريَّةِ حيثُ يَرخَفُ مُعْظَمُها نَحْنا عَنِ الغِذاءِ. لَكِنَّ بَعْضًا مِنْها يَغْتَذِي بِأَسلوبٍ مُخْتَلِفٍ، فَتَنْصَبُ الرِّقائَةُ شَبْكَةً حَرِيرِيَّةً تَقْبَعُ في عُنُقِها بِانْتِظارِ الحَيَواناتِ الصَغيرَةِ الَّتِي تَسوقُها المَاءُ إِلى الشَبْكَةِ فَتَأْكُلُها.



### لِزِيدِ مِنَ المَعلوماتِ انْظُرْ

- كِيميائِةُ الأَغْذِيَّةِ ص ٧٨
- الفُطُرِيَّاتُ ص ٣١٥
- قَنادِيلُ البَحْرِ وَالشَّقائِقُ البَحْريَّةُ وَالْمِراجِيَّاتُ ص ٣٢٠
- الرُّخوياتُ ص ٣٢٤
- البُيُوناتُ ص ٣٣٤
- الأَسنانُ وَالْفُكَّانُ ص ٣٤٤
- النَّمُو وَمَراجِلُهُ ص ٣٦٢
- السَّلامِيلُ وَالشَبْكَاتِ الغِذائِيَّةِ ص ٣٧٧
- حَقائِقُ وَمَعلوماتُ ص ٤٢٢

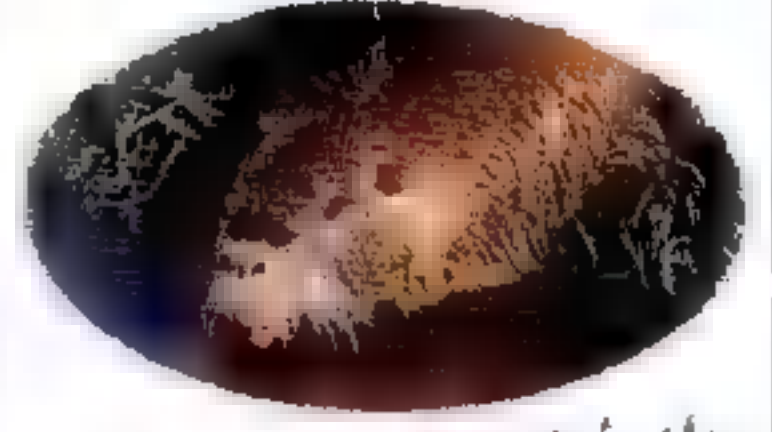


# الأسنان والفكان



## تقطيع الطعام

يستطيع الكلب بفضلات فكبه القوية تقطيع العظام بأسنانه. وهو حين يأكل يُحرك فكّه السفلي صعوداً ونزولاً كالقصر. في العاشيات، يتحرك الفك السفلي من جانب إلى آخر، كما صعوداً ونزولاً.



## الأسنان القارضة

قواطع الكونيو، وهو قارض مائي، إزميلته الشكل دائمة النمو. وكل قاطعة منها تُغطى بالمينا من واجهتها الأمامية فقط، فيأكل جانبا الخلفي بسرعة أكثر تارفا الحافة الأمامية حادة دوماً.



## أسنان اللواجم

الكلب لاجم نموذجي - يفتات باللحم غالباً. له في مقدم فكبه أنياب طويلة تقبض الطعام، تليها نحو مخررة القم أضرار حادة مازقة تشل اللحم ليتمكن ابتلاعه.

القواطع

الانياب

قواطع دائمة الشد

فجوة فكّية

## أسنان العاشيات

الكونيو عاشب نموذجي - يأكل الثبت فقط. قواطعه الطويلة تُقطع شوق الثبت العاشية، وأضراره تطحنها، وتفصل بين هاتين المجموعتين من الأسنان فجوة فكّية.

## أسنان الإنسان

الإنسان من القوارت - التي تفتات بالثبت واللحم. فتحن تستخدم أسناننا الأمامية (القواطع) في قضم الطعام، وأنيابنا الصغيرة في قبضه، وأضرارنا (اللواجم) في طحنه وهزبه. وتشد الفك المتحرك (السفلي) صعوداً وجانبياً عضلات قوية تربطه بمقنني الوجنتين والضدعين. وبممكنك أثناء المضغ تحسّن التوتر في هذه العضلات.



تتغرز الأسنان بنواقي في اسناج فكّية خاصة.



## الإنسان البشري

مجموعة الأسنان الأولى في الإنسان (الزواجع أو أسنان الحليب) تضم ثمان قواطع وأربع أنياب وثمان طواجن. أما المجموعة الثانية، المعروفة بالأسنان الدائمة، فتعديدها ٣٢ سنناً عند معظم الناس، والواجد (أضرار العقل) أجراً ما يظهر منها، وهي قد لا تظهر مطلقاً عند بعضهم.

بلاط يثبت الجذر في الفك.

عظم الفك



عاج الشر

تجويف اللث

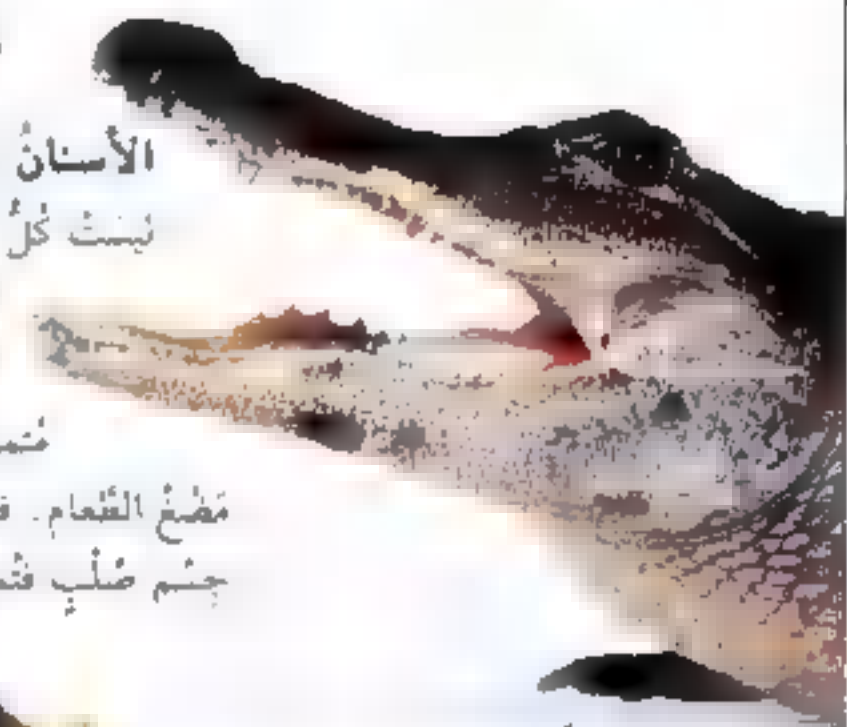
الجذر

وعاء دموي

عصب ينفذ على طول الاوعية الدموية.

## الأسنان البسيطة

ليست كل أسنان الحيوانات متخصصة كأشنان الثدييات. فأسنان الزواحف، كهذا التمساح، متماثلة وتدية الشكل، لا يمكنها مضغ الطعام. فهي تلجأ إلى دشر طعامها تحت جسم ضلب قمتزقه، وتبتلعه شققاً.



## عديمات الأسنان

كثير من الحيوانات مجهز بأجزاء فعوية ضلبة بدل الأسنان. فبرقانة الشمران (الرغاش) هذه تخطف فريستها "بقناع" متفصل خاص، يتقذف لقصر الحيوانات العابرة. وللكثير من الحشرات العاشية (كالجناب) حنجيرة معدنية تطحن الطعام بعد بلعه.



## باطن السن

الجزء الظاهر من السن، يقارب نصفه حجماً ويدعى التاج. وسطح السن مغطى بالمينا فوق طبق من العاج الصلب. وينفذ قلب الشر لب طوي خي وأوعية دموية وعصب. وترسخ الأسنان في عظم الفك جذور طويلة واسمنت خاص.

## لمزيد من المعلومات انظر

- المفصليات ص ٣٢٢
- الزواحف ص ٣٣٠
- الثدييات ص ٣٣٤
- الاعتداء ص ٣٤٣
- الهضم ص ٣٤٥
- الهيكل الداعمة ص ٣٥٢



# الهضم

في عملية الهضم، تتحلل المواد المعقدة التي تولف الطعام (من كربوهيدرات وبروتينات ودهون) إلى مركبات أبسط يمكن للجسم امتصاصها. ويبدأ الهضم حالما يبدأ بمضغه. وخلال مرور الطعام في المعدة ثم في المعى الدقيق، تعمل أنزيمات (بروتينات خاصة) مختلفة على هضم الكربوهيدرات والبروتينات والدهون. وتنتج منتجات الهضم عبر جدار المعى؛ وكل ما لا يهضم يتابع مساره في القناة الهضمية إلى خارج الجسم. إن عملية الهضم هي أولى الخطوات للحصول على الطاقة من الطعام.



الهضم الخارجي

الغناجب ذات أفواه بالغة الصغر، لذا فهي تهضم غذاءها قبل أبتلاعها. فعندما تقيض العنكبوت حشرة، تحقنها بسائل أنزيماتي يخلل الأجزاء الطرية في جسد الحشرة، ثم تستعيد العنكبوت السائل والشحذيات بامتصاصها.

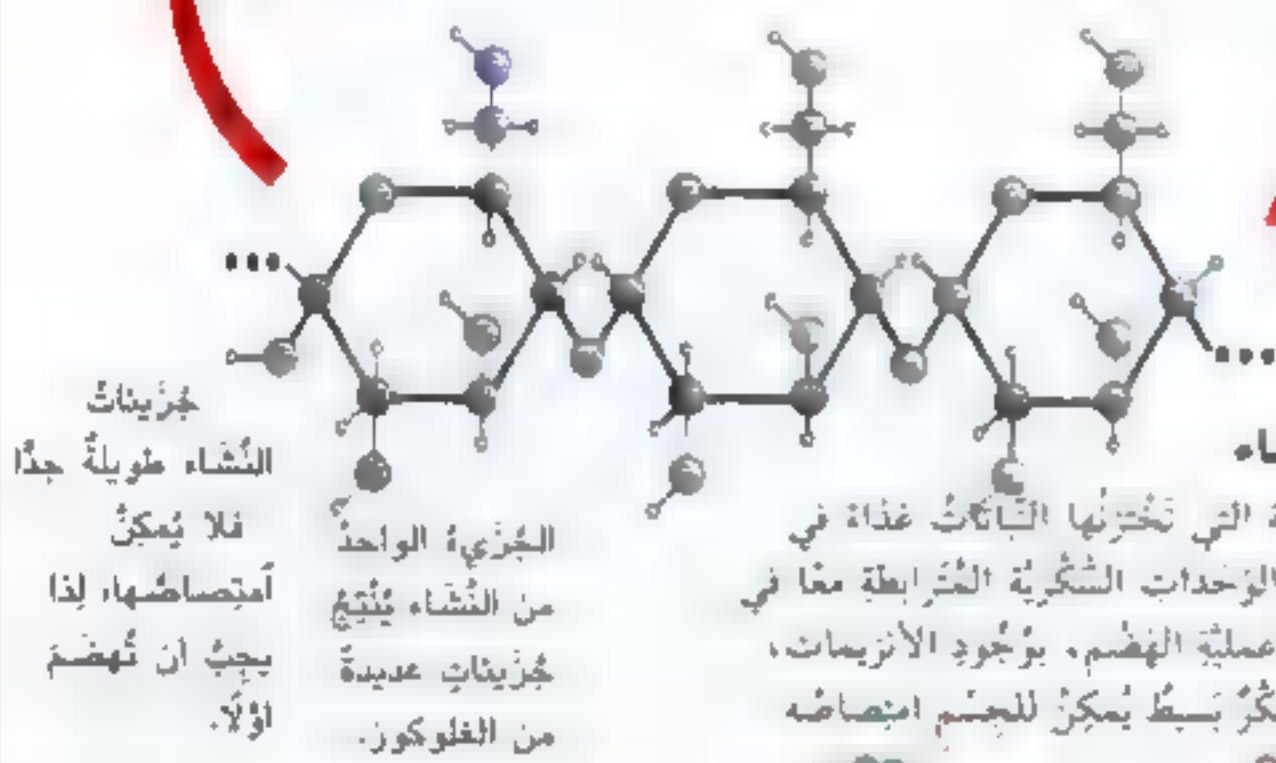
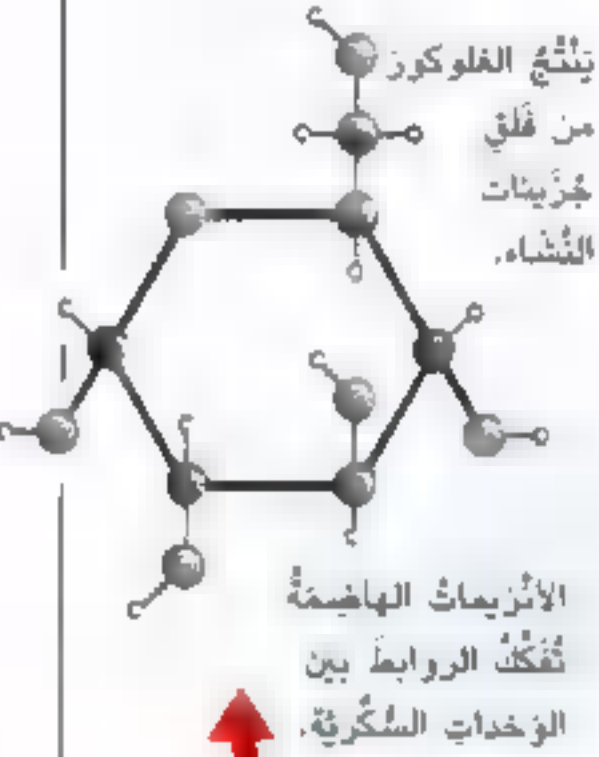
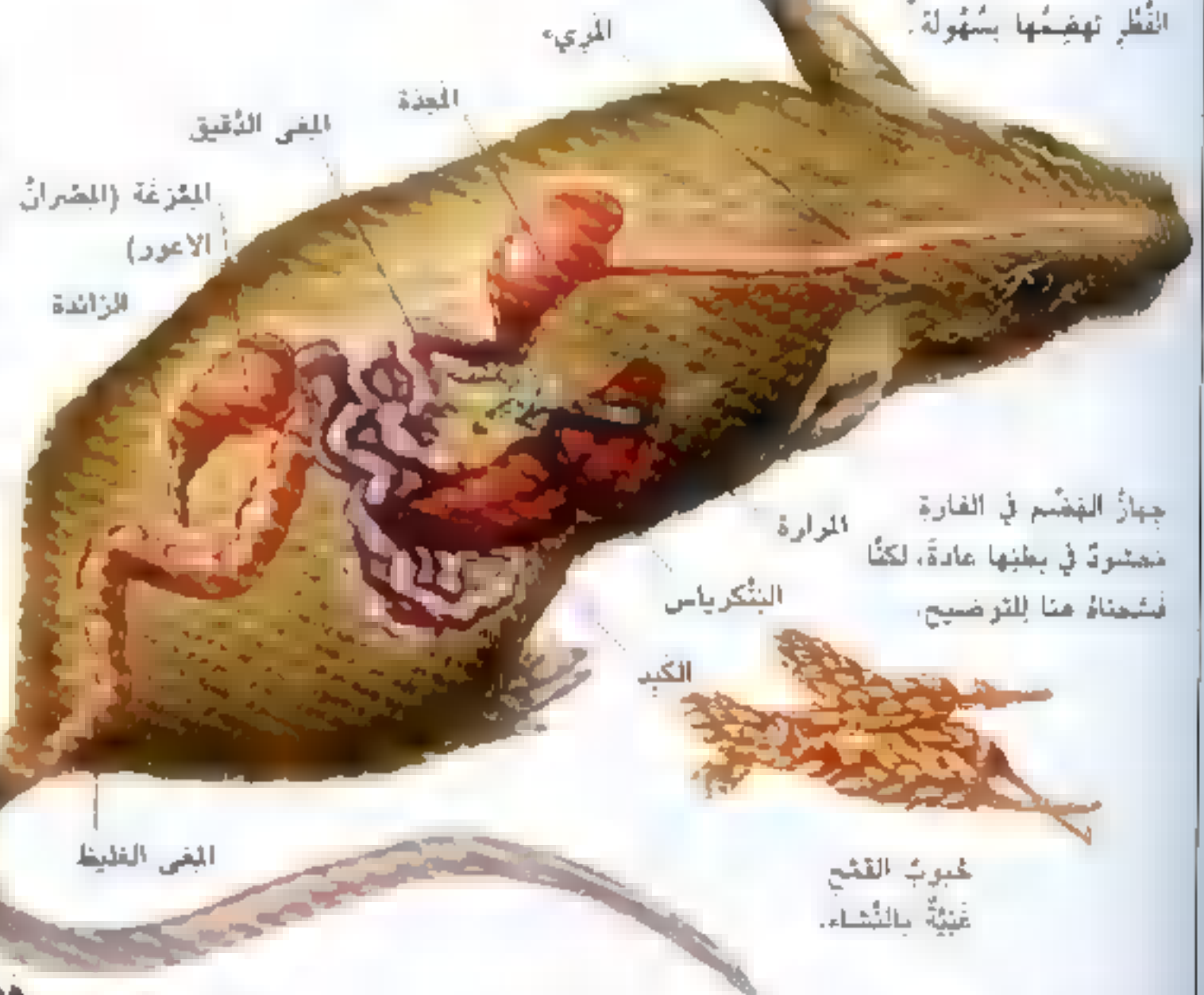


غذاء بالواسطة

لا تستطيع الأرض هضم سيلولوز النبات بنفسها، لذا تلجأ إلى فطر يهضمه لها، فتكسر قطعاً من ورق النبات تحت الأرض وتستخدمها لاستنبات الفطر الذي يهضم الغذاء النباتي ويخلفه. ثم تقات الأرض بقطع من الفطر تهضمها بسهولة.

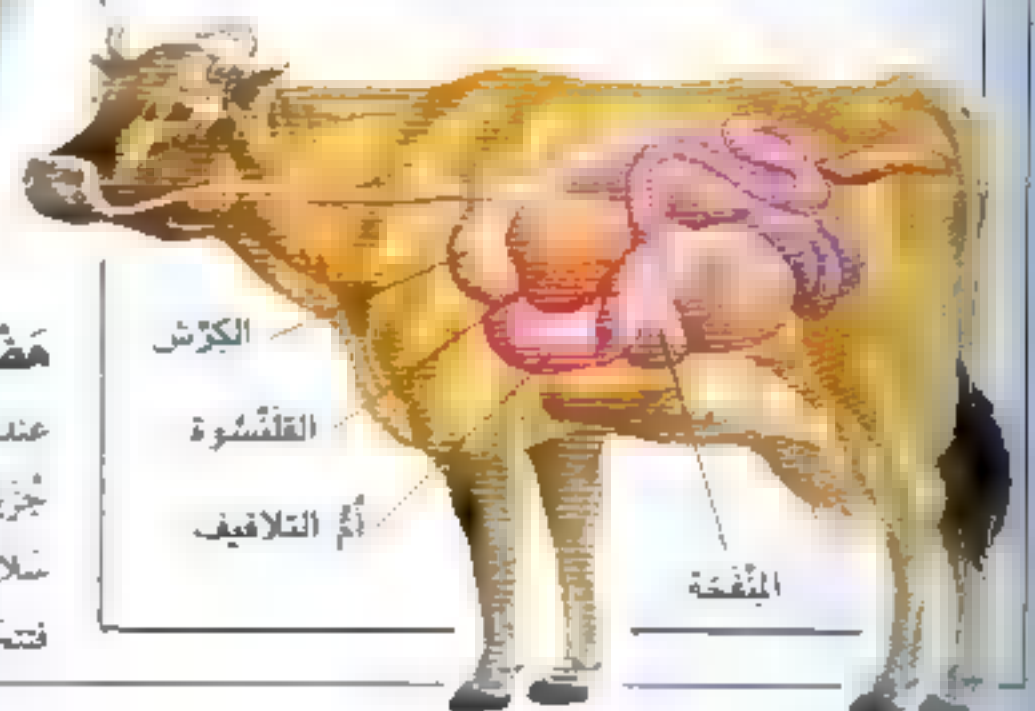
## الهضم في الفئران

عندما يتبلغ الفأرة طعاماً يتقبل أولاً إلى المعدة حيث يتحلل جزئياً بواسطة حامض قوي. ثم يتابع مساره إلى المعى الدقيق فالغليظ حيث تمتص منتجات الهضم والماء. يفرز بنكرياس الفأرة مواد هاضمة قلوية تعادل حامض المعدة. أما البمزرغة فهي كيس زدي (غير نافذ) يتم فيه هضم الغذاء النباتي.



## كيف تهضم البقرة العشب

تهضم الأبقار العشب بمساعدة منعضيات صغيرة ومعدة رباعية الأقسام. يدخل الطعام أولاً إلى الكرش فالقلسوة حيث تعمل المنعضيات المجهرية على تحليل السليولوز. ثم تجتر البقرة الطعام فتضغه ثانية وتبلعه ليعود إلى المعدين الآخرين حيث يتم هضمه. نحن لا نستطيع هضم السليولوز في غذائنا النباتي، لذا فهو يغبر أجسامنا كخشائن أولياف.



## هضم البروتينات والدهون

عندما تأكل قطعة من اللحم، تتحلل البروتينات والدهون المتواجدة فيها إلى جزيئات أصغر جداً يجري امتصاصها في المعى الدقيق. تتحلل البروتينات إلى سلاسل عديدة الببتيد؛ وهذه تتحلل بدورها إلى أحماض أمينية. أما الدهون فتتحول أولاً إلى قطرات دقيقة ثم تتحلل إلى غليسرول وأحماض دهنية.

## لمزيد من المعلومات انظر

- الحفازات ص 56
- كيمياء الجسم البشري ص 76
- كيمياء الأغذية ص 78
- التنفس الخلوي ص 346



# التنفس الخلوي

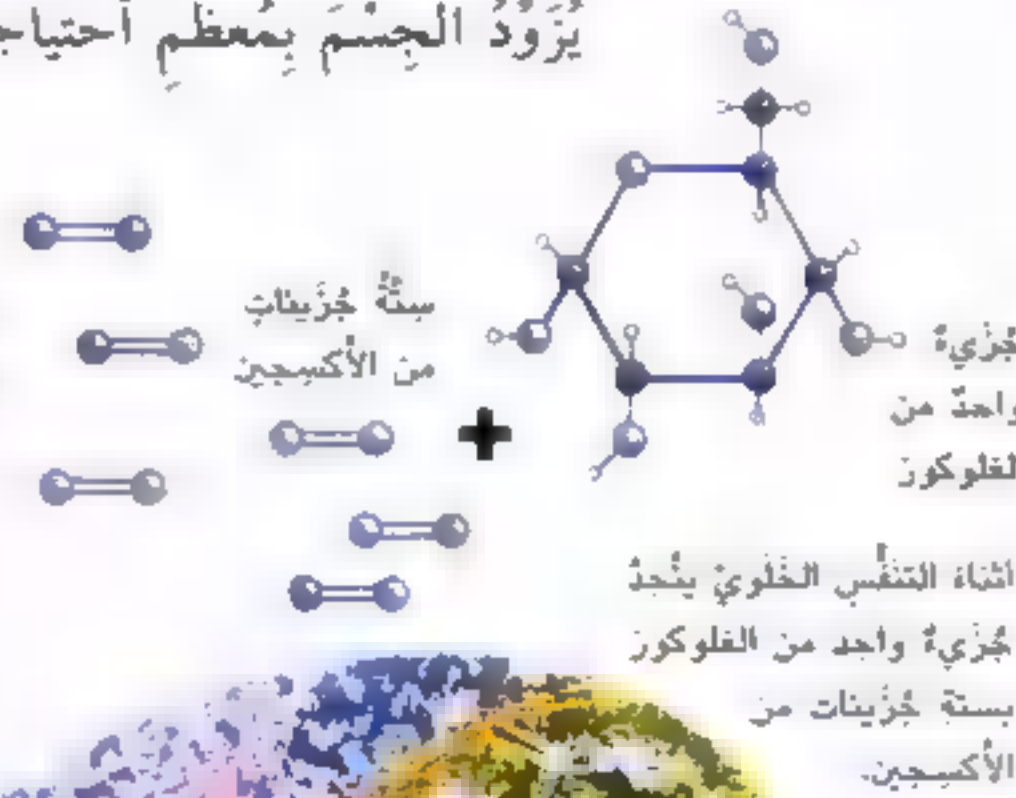
تحتاج جميع الكائنات الحية إلى طاقة لتعيش، وهذه الطاقة تُستمد من الغذاء. فبعد هضم الوجبة من الطعام، تتحلل المواد المغذية إلى الدم ومنه إلى الخلايا حيث تتحلل بالانزيمات لإطلاق ما بها من طاقة يُستفاد منها في شتى الأعمال الحيوية. في التنفس اللاحيواني، تتفكك المغذيات (بخاصة الجلوكوز) دون استخدام الأكسجين مُطلقة مقداراً قليلاً من الطاقة. أمّا في التنفس الحيواني، الذي يجري داخل مُتقدّرات الخلية، فتتحدّ المواد المغذية بالأكسجين مُنتجة ماءً وثاني أكسيد الكربون كفضلات، ومطلقة مقداراً كبيراً من الطاقة. وهذا التنفس هو الذي يزود الجسم بمعظم احتياجاته من الطاقة.



يطلق التنفس الخلوي كمّياتاً غزيرة من الطاقة - ينتج الطاقة حيث وحين يحتاج إليها.

## طاقة يمكن التحكم بها

التنفس الحيواني شبيه بالاحتراق إذ فيه تتحدّ المواد المغذية (الوقود) بالأكسجين لإنتاج الطاقة. لكن هناك فرق مهم؛ فالاحتراق يحدث بسرعة وتذوق الطاقة منه نواً - فيما التنفس الحيواني ينطوي على تفاعلات كيميائية عديدة، وينتج الطاقة بأشكال يمكن التحكم بها.

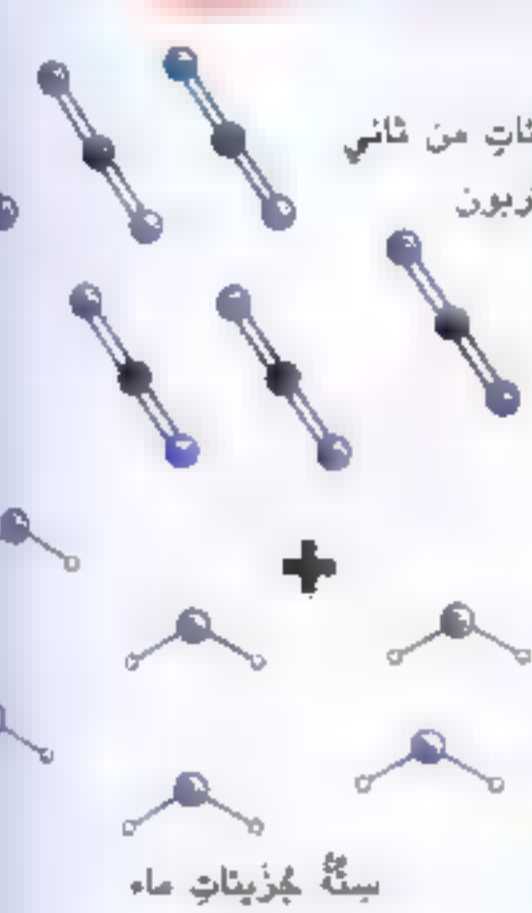


في التنفس الخلوي يتفاعل الجلوكوز والأكسجين لإنتاج طاقة وثاني أكسيد الكربون وماء، حسب المعادلة الكيميائية التالية:

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + \text{طاقة}$$


مقدار كبير من الطاقة

ستة جزيئات من ثاني أكسيد الكربون



الخطمي الصيني (هيبشكس روزاسايفنسز)

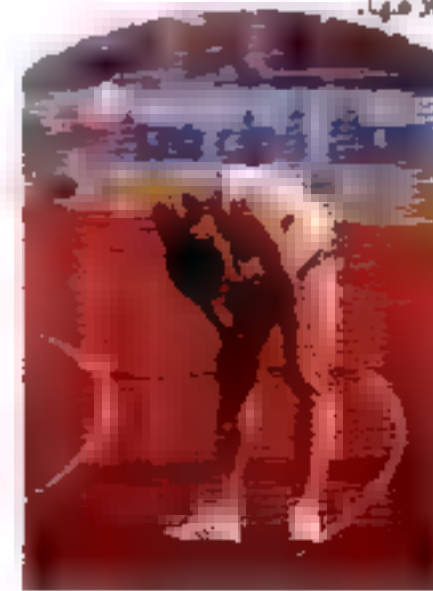
تضخم المتقدرة أغشية مطوّاة تؤفر سطوحاً فسيحة تجري فوقها التفاعلات الكيميائية.

## التنفس في النبات

في ضوء النهار تُصنع أوراق النبات الخضراء غذاء (الجلوكوز والنشاء) بالتخليق الضوئي، وتستهلك بعض الطعام في عملية التنفس. لكنّها تُخلو طعاماً أكثر مما تستهلك، لذا فإنّ الأوراق تأخذ ثاني أكسيد الكربون وتلفظ الأكسجين. أثناء الليل، يتوقّف التخليق الضوئي وتستمرّ عملية التنفس، فتأخذ الأوراق الأكسجين وتلفظ ثاني أكسيد الكربون.

## ماذا يحدث أثناء التنفس

يعتمد الجسم البشري في إنتاج طاقته أساساً على الجلوكوز. وهو سُكّر يُنتج في الجسم من هضم النشاء والكربوهيدرات الأخرى في الطعام. قبل استهلاكه في عملية التنفس الخلوي، يتحلّل الجلوكوز إلى مادّة أبسط هي حامض البيروفيك، الذي يتحلّل إلى مُتقدّرات الخلية حيث يتحدّ بالأكسجين لإنتاج ماءً وثاني أكسيد الكربون ومقداراً كبيراً من الطاقة يُستخدّم لوظائف الجسم الحيوية كتقلص وأنساض العضلات مثلاً. وهكذا فإنّ عملية التنفس الحيواني هي بالتمام معكوس لعملية التخليق الضوئي حيث تُستخدّم الطاقة لتصنيع الجلوكوز.



## التنفس اللاحيواني

إذا غدوت بسرعة مُهتكة، يُقدّم الأكسجين من نسيج عضلاتك فلا يمكنها تحويل الجلوكوز إلى ماءً وثاني أكسيد الكربون؛ بل تحوّل، بغياب الأكسجين، إلى حامض اللبّ (الذي يُسبّب تزايداً مُعصاً عضلياً)، بالتنفس اللاحيواني. وخلال استراحتك بعد الغدو يتحلّل حامض اللبّ باستخدام الأكسجين. بعض المُتعضيات، كالفطريات والبكتيريا، تعيش عادةً بالتنفس اللاحيواني دون سواه.

## هانز كريس

كشّف الكيميائي الألماني هانز كريس (١٩٠٠-١٩٨١) دور الجلوكوز الكامل في عملية التنفس الخلوي. وكان معلوماً أنّ جزيء الجلوكوز يتحلّل مُنتجاً مادّة أبسط هي حامض البيروفيك، لكن ما كان أحد يدري مصير حامض



البيروفيك. وقد كشف كريس أنّ هذا الحامض يدخل دورة مُتواصلة من التفاعلات الكيميائية في المُتقدّرات، تُعرف بدورة حامض الستريك أو دورة كريس، يتحلّل فيها إلى ماءً وثاني أكسيد الكربون؛ وتُخزّن الطاقة المُنتجة خلال هذه التفاعلات في تحويل (إي دي بي) إلى (إي تي بي).

### لمزيد من المعلومات انظر

- الفُسفور ص ٤٣
- الأكسجين ص ٤٤
- الاختبار ص ٨٠
- الخلايا ص ٣٣٨
- التخليق الضوئي ص ٣٤٠
- الهضم ص ٣٤٥
- حقائق ومعلومات ص ٤٢٢



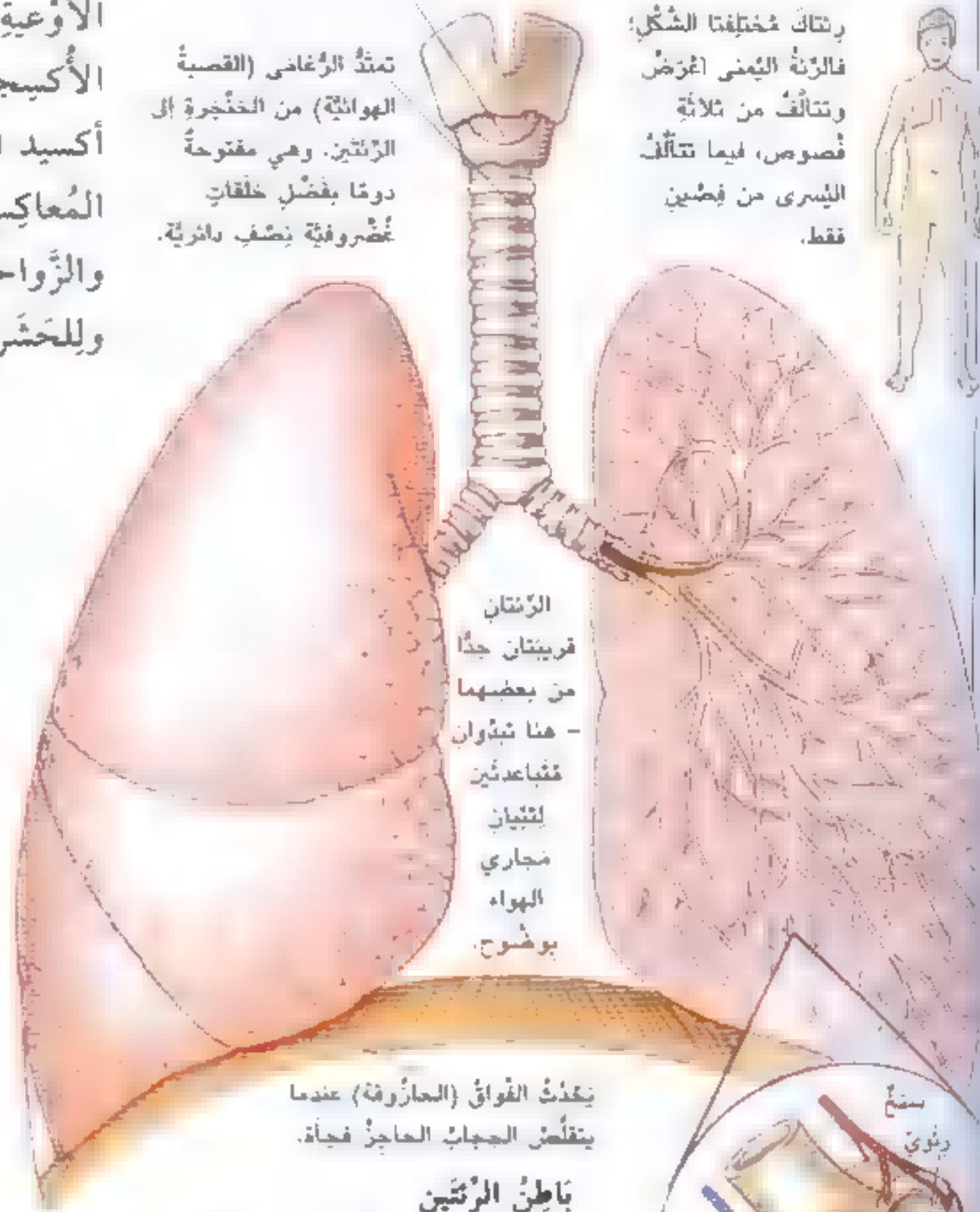
# التنفس

التنفس شهيق وزفير. في الشهيق يُسقط الهواء إلى داخل رئتيك، فينتشر أكسجين الهواء عبر بطانتها الرقيقة إلى الدم الجاري في الأوعية الدموية الدقيقة في الرئتين. وتحمل كريات الدم الحمراء الأكسجين إلى جميع أنسجة الجسم. وفي الوقت نفسه، يسري ثاني أكسيد الكربون (الغاز الناتج عن التنفس الخلوي) في الاتجاه المعاكس ليُطرَد مع هواء الزفير. اللبونات والطيور والبرمائيات والزواحف تتنفس برئتين، أما الأسماك فحيشومية التنفس. وللحشرات أنابيب تنفس قصية ذات فتحات جانبية في بطونها.

الخنجره مملكت عضوري  
يحي الأوتار الصوتية.  
هواء الرفير يُدبب الأوتار  
الصوتية فيحدث الصوت.

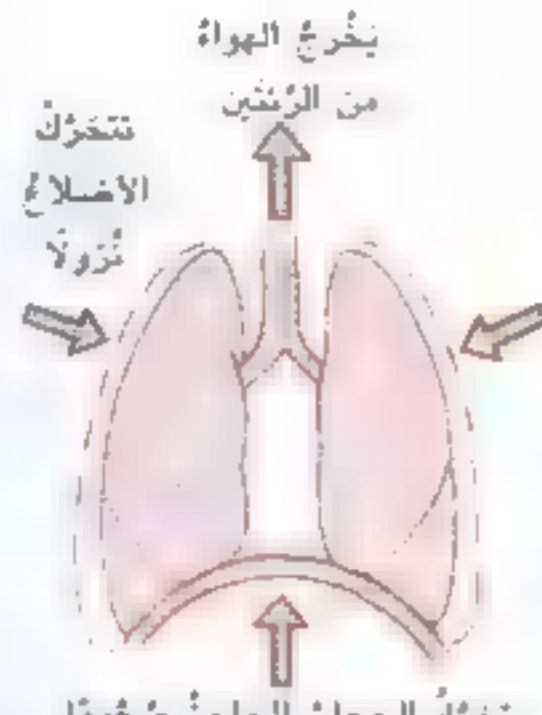
تمتد الرغاسي (القصبة  
الهوائية) من الخنجره إلى  
الرئتين. وهي مفتوحة  
دوماً بفضل خلفات  
عضروفية نصف دائرية.

رئتك مختلفتا الشكل:  
فالرئة اليمنى أعرض  
وتتألف من ثلاثة  
فصوص، فيما تتألف  
اليسرى من فصين  
فقط.



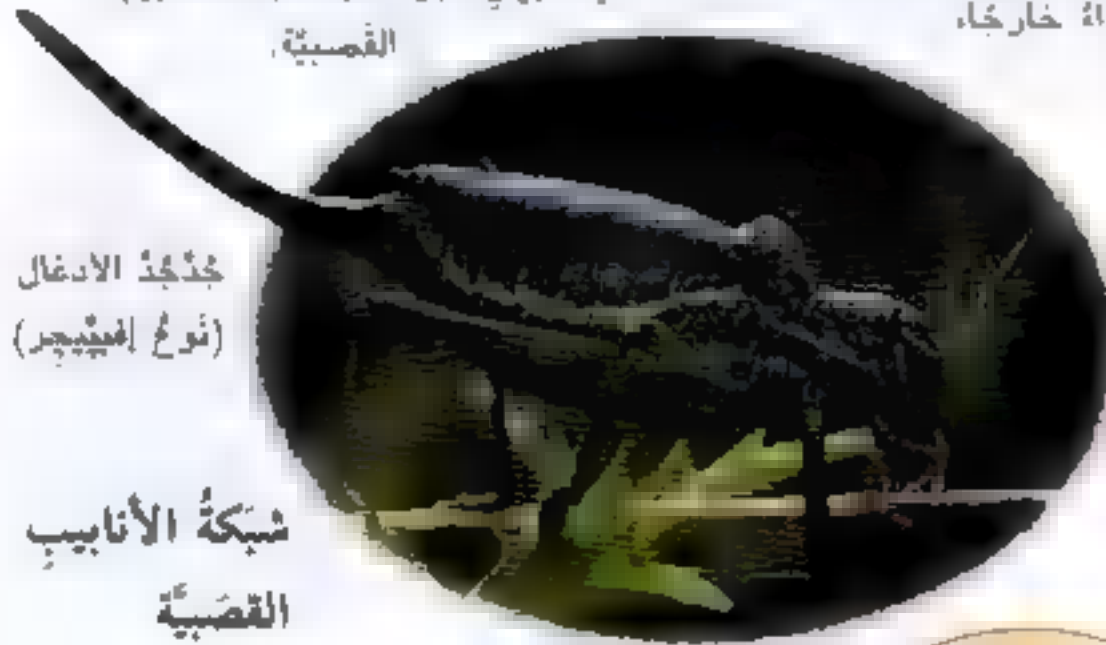
## التنفس

الرئتان مُحاطتان بأضلاع القفص الصدري الذي يفصله عن التجويف البطني حاجز عضلي صفيحي هو الحجاب الحاجز. فعندما تنفس، تتغير أوضاعك والحجاب الحاجز حجم التجويف الصدري، فيسقط الهواء إلى الرئتين في الشهيق، ويضغط خارجاً في الزفير. ويعتمد مقدار الهواء المتحرك على مجهودك العملي؛ فإذا كنت جالساً بهدوء، يتحرك القليل من الهواء مع كل نفس؛ أما خلال العمل المجهّد فالتنفس أسرع وأعمق. فانت في التنفس العميق تحرك من الهواء ستة أضعاف ما تحركه منه وأنت جالس بهدوء.



يتحرك الحجاب الحاجز صعوداً  
بعد الرفير، تتحرك الأضلاع  
تُزولا ويندفع الحجاب الحاجز  
مُعوداً فيقبل حجم الخيز خول  
الرئتين ويغفر الهواء خارجاً،  
بالضغط الحاصل،  
غير الرغاسي.

الفوهات التنفسية تتحكم فتحة وإغلاقها  
في سريان الهواء عبر شبكة الأنابيب  
القصبية.



جذجذ الادغال  
(نوع إبيبيجر)

شبكة الأنابيب  
القصبية

تنفس الحشرات عبر شبكة من الأنابيب المملأ بالهواء، تدعى الأنابيب القصبية، تمتد إلى أعماق جسم الحشرة وتفرغ بدقة ووفرة إلى العضلات ومختلف الأنسجة الأخرى. وتتصل هذه الأنابيب أحياناً بأكياس هوائية تُغير أشكالها كالرئات. ولكل من الأنابيب القصبية منفتحة فومي غير غلاف جسم الحشرة يدعى الفوهة التنفسية.



تتقل أنابيب التنفس الأكسجين  
إلى خلايا الحشرة مباشرة.



## التنفس الخيشومي

يحي الماء قذراً من الأكسجين مذاباً فيه، تستطيع الأسماك تلبية بواسطة خياشيمها. يتألف الخيشوم من سلسلة بدلات رقيقة الجدران غنية بالأوعية الدموية لتعزيز تبادل الغازات. تُعَب السمة الماء غير فيها ليخرج عبر فتحات خياشيمها حيث يجري امتصاص الأكسجين المذاب ونفط ثاني أكسيد الكربون.



الدم والهواء في السنج الرئوي متقاربان جداً، مما ييسر انتقال الأكسجين وثاني أكسيد الكربون بينهما.



توجد خياشيم السمكة  
خلف الرأس مباشرة.

تتألف الخياشيم من اقواس شخنية ذات  
شوآت ريشية هي الخيوط الخيشومية.

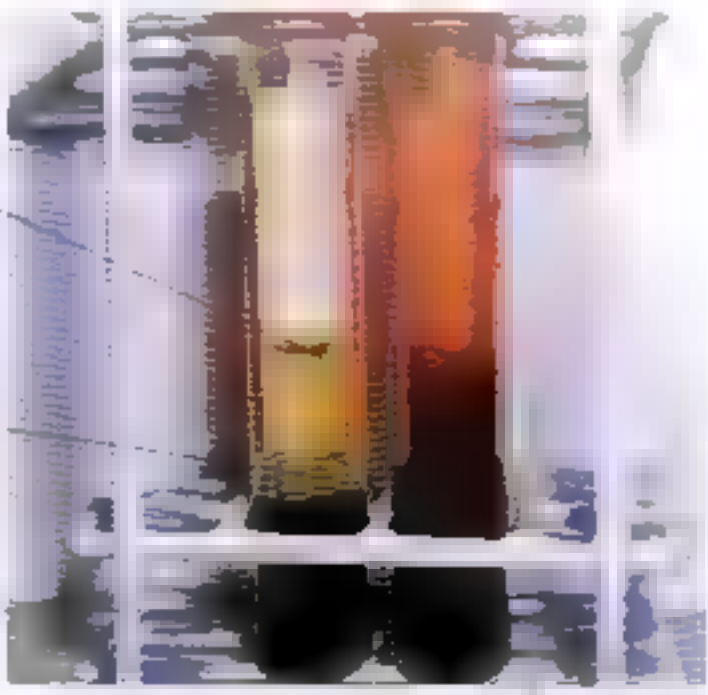
لمزيد من المعلومات انظر
إحداث الصوت وسماحه ص ٧٢
التنفس الخلوي ص ٣٤٦
الدم ص ٣٤٨
الدورة الدموية ص ٣٤٩
البيئة الباطنية (في الأحياء) ص ٣٥٠



## الدم

الدم مادة مدهشة حقًا، فهو يعمل كسبيل ناقل ينقل الأكسجين إلى كل خلية حية في الجسم؛ كما ينقل أيضًا المواد الغذائية والهرمونات والفضلات والدفع، وهو دفاع الجسم الرئيسي ضد الأمراض. قطرة الدم تبدو للتأظر مجرد سائل أحمر، لكنها تظهر تحت المجهر مُحشَّدة بملايين الكريات طافية في مائع مائي. كريات الدم الحمراء تنقل الأكسجين، والكريات البيض تُهاجم أي شيء يغزو الجسم من الخارج؛ وتنقل المصورة أو البلازما (القسم السائل) معظم ثاني أكسيد الكربون. يحوي جسم الإنسان البالغ من ٥ إلى ٨ لترات من الدم - خلاياه قرصية أو مُضغطة أو صُميحية تُستبدل بالملايين منها آخر جديدة كل يوم.

في معظم الناس  
تولف البلازما  
أكثر من نصف  
حجم الدم.  
طبقة رقيقة من  
كريات الدم البيض  
والصفائح  
كريات الدم الخضر  
مكتسبة مُتراصة



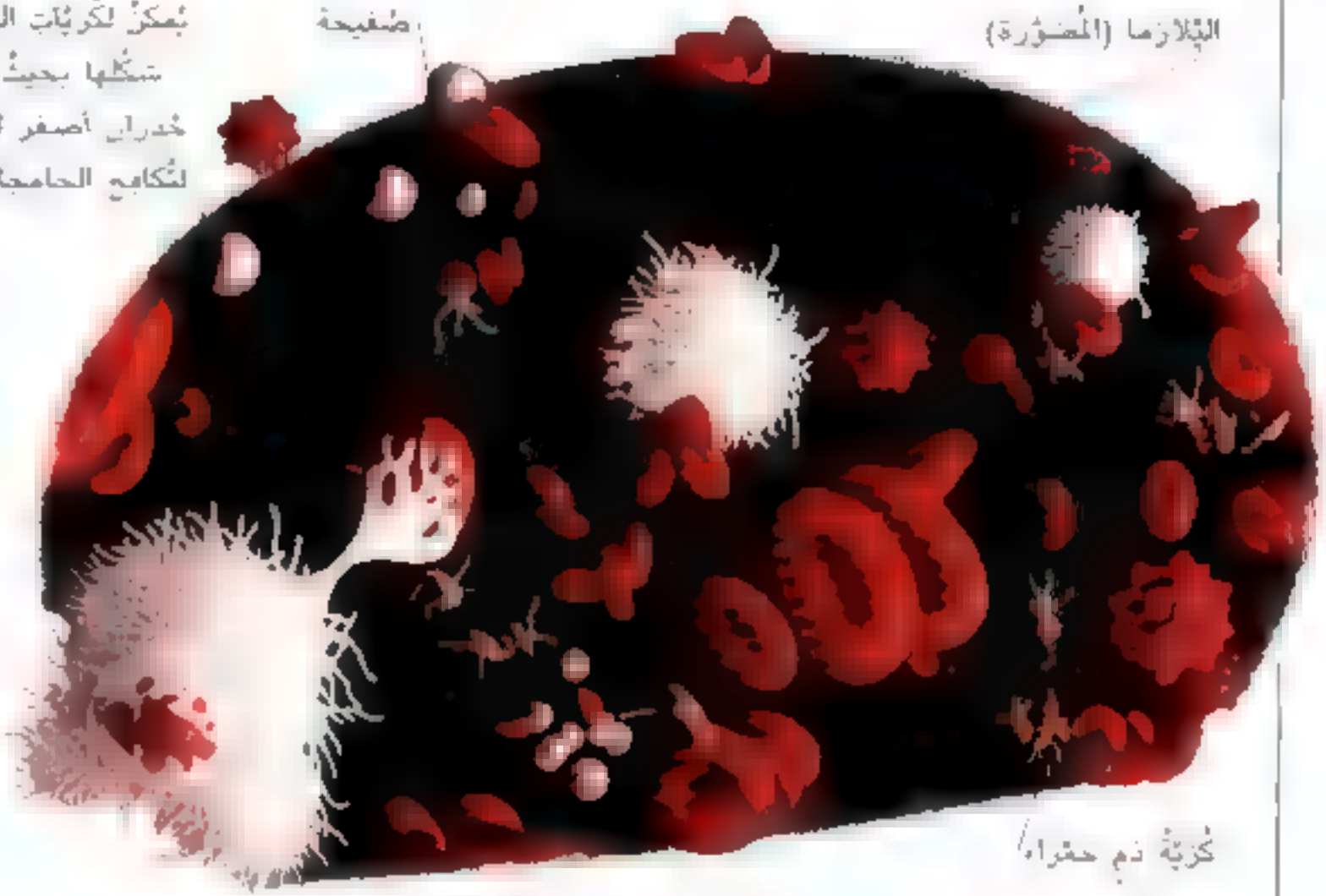
### تركيب الدم

إذا دُممت عينة من الدم في أنبوب اختبار بسرعة كبيرة، تستقر الكريات في قاع الأنبوب، ويعلوها سائل صفراوي يُدعى المصورة أو البلازما. تتألف البلازما من ٩٠ بالمئة ماء، والباقي أملاح ومواد غذائية - إضافة إلى بروتينات كالغلوبولين (مولد اللبغين) الذي يُخثر الدم. وتولف الكريات أقل من نصف حجم الدم بقليل. ويقوى عدد كريات الدم الحمراء عدد البيض بنسبة ٥٠٠ إلى ١.

يمكن لكريات الدم البيض تغيير شكلها بحيث تنضغط غير خدران أصفر الأوعية الدموية لتكافح الحاميات الممرضة.

صفائح

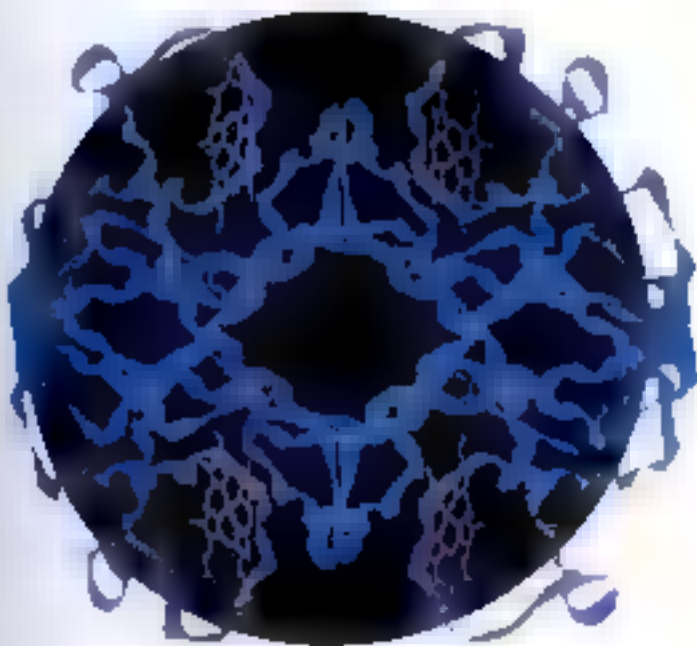
البلازما (المصورة)



كُرَيَّة دم حمراء

### اليخضور (الهيموغلوبين)

اليخضور خضب يُكسب كريات الدم الحمراء لونها. وهو يحوي الحديد، ويتميز بقدرته على تشكيل روابط مؤقتة مع جزيئات الهيدروجين. فالليخضور يتحد بالأكسجين عندما تمر كريات الدم الحمراء بالرئتين؛ وينفصل عنه في أقسام الجسم الأخرى، ليحمل بعض ثاني أكسيد الكربون فينقله عندما يعود إلى الرئتين، وهكذا دواليك.



صورة مُولدة حاسوبياً تُبين جزيئات من اليخضور. الأجزاء البرتقالية هي المجموعات الحاوية الحديد التي ترتبط مع الأكسجين.

### تخثر (أو تجلط) الدم

إذا جرحت، فإن دمك يتخثر في مكان الجرح ويوقف النزف. فضفحات الدم القريبة من الجرح تصبح دبقاً وتتلاصق معاً مُكوِّنة سدادة. وخلال ذلك يتحول بروتين الفبرينوجين (مولد اللبغين) إلى فبرين (ليعين) مُشكلاً شبكة خيطية كثيفة تلتصق فتضم كريات الدم الحمراء في خبطة (خثرة).

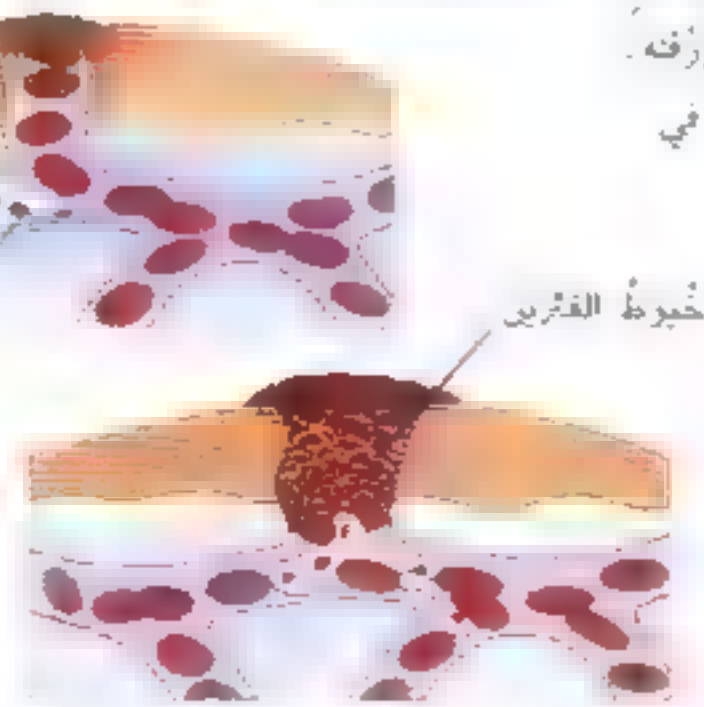
الجِلْد المجرَّح يُطلق مواد في الدم تجعل الصفائح دبقة.

كُرَيَّة دم حمراء

تتصم الصفائح معاً فتكوِّن سدادة. ويُشكِّل الفبرين خيوطاً تحبس كريات الدم الحمراء.

كُرَيَّة دم بيضاء

خيوط الفبرين



الفبرين وكريات الدم الحمراء تُكوِّن خثرة تتصلد إلى قشرة. وتنسقط القشرة عندما يُبدل الجلد.

### الكركند الأزرق الدم

القشريات، كالسرطانات والكركند، وبعض الرخويات، مُزوَّدة بدل الهيموغلوبين، بخضاب أزرق يُدعى الهيموسيانين، يُكسب الدم زرقته. في القشريات، يكون الهيموسيانين مُذاباً في بلازما الدم بدل أن يكون في كُرَيَّته.



الهيموسيانين يحوي نحاساً بدل الحديد. فيجعل الدم أزرق لا أحمر كما هو شائع في هذا الكركند الشائع (هيماروس قلجارس).

### فتات (أو زمر) الدم

يختلف الدم قليلاً من شخص إلى آخر، بسبب بروتينات خاصة تتواجد على سطوح الكريات الحمراء وفي المصورة (البلازما). والناس ذوو البروتينات نفسها ينتمون إلى فئة الدم نفسها. وإذا مزج دم من فئة معينة بدم من فئة أخرى تتلازن كريات الدم الحمراء وتترسب بفعل البروتينات المختلفة، وهو خطرٌ جداً. لذا عند نقل الدم من شخص إلى آخر ينبغي التأكد أنه من فئة الدم الصحيحة.



### لمزيد من المعلومات انظر

- فضل المزيجات ص ٦١
- المفصليات ص ٣٢٢
- التنفس الخلوي ص ٣٤٦
- الدورة الدموية ص ٣٤٩
- البيئة الباطنية (في الأحياء) ص ٣٥٠

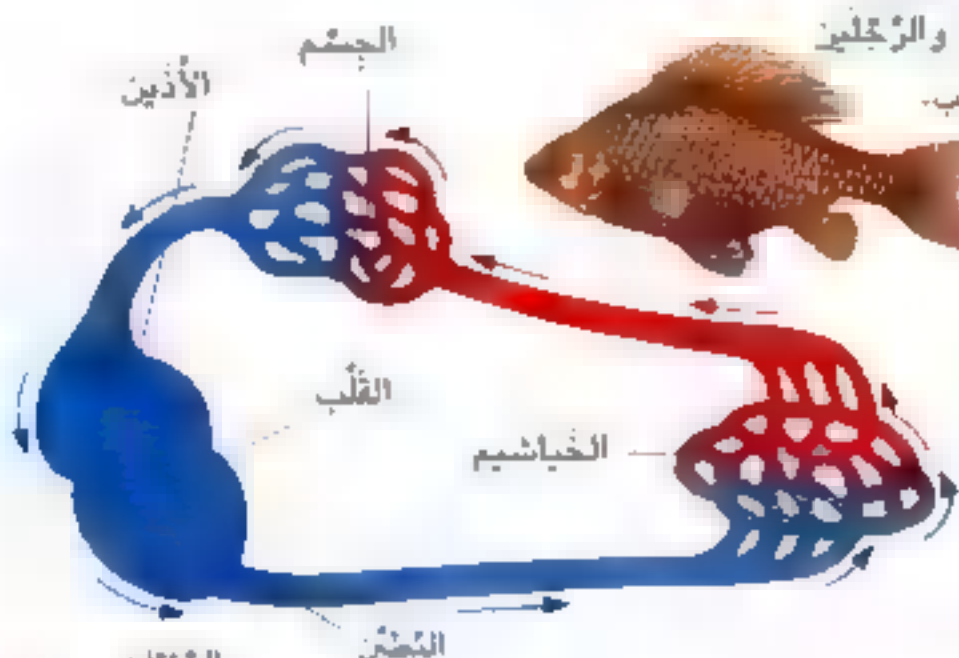


# الدَّوْرَةُ الدَّمَوِيَّة

يَخْفِقُ قَلْبُكَ ١٠٠,٠٠٠ مَرَّةً فِي الْيَوْمِ ضَاغِظًا الدَّمَّ عَبْرَ شَبَكَةٍ مِنَ الْأَنْبِيَبِ تَنْقُلُهُ فِي جَوْلَةٍ حَوْلَ الْجِسْمِ. الدَّوْرَةُ الدَّمَوِيَّةُ فِي الْإِنْسَانِ مُقْفَلَةٌ - أَيَّ إِنَّ الدَّمَّ يَدُورُ فِي أَوْعِيَةٍ خَاصَّةٍ مُتَّصِلَةٍ. فَعِنْدَمَا يُضَخُّ الدَّمُّ مِنَ الْقَلْبِ، يَنْدَفِعُ قُدَمًا بِضَغْطٍ عَالٍ يُمَكِّنُكَ تَحْسُّسَهُ نَبْضًا. وَيَدُورُ الدَّمُّ بِسُرْعَةٍ مُدْهِشَةٍ، إِذْ تُكْمِلُ كُرِّيَّةُ الدَّمِّ دَوْرَتَهَا مِنَ الْقَلْبِ إِلَى الرُّكْبَةِ، ذَهَابًا وَإِيَابًا فِي دَقِيقَةٍ وَاحِدَةٍ فَقَط. أَمَّا الْحَيَوَانَاتُ الْأَبْسَطُ، كَالْقَوَاقِعِ مَثَلًا، فَالْجُمْلَةُ الدَّوْرَانِيَّةُ لَدَيْهَا مَفْتُوحَةٌ يَسْرِي فِيهَا الدَّمُّ غَالِبًا عَبْرَ فَجَوَاتٍ جَسَدِيَّةٍ فَسِيحَةٍ، لَا خِلَالَ أَوْعِيَةٍ ضَيِّقَةٍ. وَالدَّمُّ فِيهَا لَا يُضَخُّ بِضَغْطٍ مُرْتَفِعٍ، فَيَتَحَرَّكُ بِطُءٍ وَرُكُودٍ.

## الدَّوْرَةُ الدَّمَوِيَّةُ فِي الْأَسْمَاكِ

يَتَأَلَّفُ قَلْبُ السَّمَكَةِ مِنْ خُجْرَتَيْنِ فَقَط، وَيَسْرِي الدَّمُّ فِي خَلْقَةٍ أُنْشَوَاطِيَّةٍ وَاحِدَةٍ. يَسْرِي الدَّمُّ غَيْرَ الْخِيَاشِيمِ حَيْثُ يَجْمَعُ الْأَكْسِيجِينَ، ثُمَّ يَدُورُ حَوْلَ الْجِسْمِ يَزُوْدُهُ بِالْأَكْسِيجِينِ، وَيَأْخُذُ مِنْهُ ثَانِي أَكْسِيدَ الْكَرْبُونِ، فَيَحْمِلُهُ عَوْدًا إِلَى الْخِيَاشِيمِ.



هَذَا الشَّرْيَانُ يُحْمِلُ الدَّمَّ الْمَوْفُورَ مِنَ الْأَكْسِيجِينِ إِلَى الْجَانِبِ الْأَيْمَنِ مِنَ الرَّاسِ وَالْأُذُنَيْنِ.

هَذَا الشَّرْيَانُ يُعِيدُ الْجَانِبَ الْأَيْسَرَ مِنَ الرَّاسِ بِدَمٍ مَوْفُورٍ بِالْأَكْسِيجِينِ.

هَذَا الشَّرْيَانُ يَحْمِلُ الدَّمَّ الْمَوْفُورَ بِالْأَكْسِيجِينِ إِلَى الذَّرَاعِ الْيُسْرَى.

هَذَا الشَّرْيَانُ يَحْمِلُ الدَّمَّ الْمَنْقُوصَ مِنَ الْفَوْسِ الْأَيْمَنِ إِلَى الرُّكْبَةِ.

هَذَا الْوَرِيدُ يَنْقُلُ الدَّمَّ الْمَنْقُوصَ مِنَ الْأَكْسِيجِينِ مِنَ الرَّاسِ وَالْعُنُقِ وَالذَّرَاعَيْنِ إِلَى الْقَلْبِ.

هَذَا الشَّرْيَانُ يَحْمِلُ الدَّمَّ الْمَنْقُوصَ مِنَ الْأَكْسِيجِينِ إِلَى الرُّكْبَةِ الْيُسْرَى.

الْأُذُنُ الْأَيْمَنُ

هَذَا الْوَرِيدُ يَحْمِلُ الدَّمَّ الْمَنْقُوصَ مِنَ الْأَكْسِيجِينِ مِنْ نِصْفِ الْجِسْمِ السُّفْلِيِّ وَالرُّجُلَيْنِ إِلَى الْقَلْبِ.

الْبَطْنُ الْأَيْمَنُ

هَذَانِ الْوَرِيدَانِ يَجْلِبَانِ الدَّمَّ الْمَوْفُورَ مِنَ الْأَكْسِيجِينِ إِلَى الْقَلْبِ.

الْأُذُنُ الْأَيْسَرُ

تُغْلَقُ الصَّامَاتُ عِنْدَ انْقِبَاضِ الْبَطْنِ.

الْبَطْنُ الْأَيْسَرُ

جُدْرَانُ الْبَطْنَيْنِ غَضَلِيَّةٌ ثَخِيَّةٌ.

## الْقَلْبُ الْبَشَرِي

الْقَلْبُ بُشْبُشَةٌ بِضَخَّتَيْنِ تَعْمَلَانِ جَنَّتًا إِلَى جَنْبِ، تَتَأَلَّفُ وَاحِدَتُهُمَا مِنْ قِسْمَيْنِ غَضَلِيَّيْنِ هُمَا أُذُنٌ عُلوِيٌّ وَبَطْنٌ سُفْلِيٌّ. فَخِلَالَ نَبْضَةِ الْقَلْبِ يَنْقَبِضُ الْأُذُنُ دَافِعًا الدَّمَّ إِلَى الْبَطْنِ، ثُمَّ فِي لَحْظَةٍ، يَنْقَبِضُ الْبَطْنُ بِدَوْرِهِ دَافِعًا الدَّمَّ خَارِجَ الْقَلْبِ إِلَى الشَّرَايِينِ. الْجَانِبُ الْأَيْمَنُ مِنَ الْقَلْبِ يُضَخُّ الدَّمَّ الْوَارِدَ مِنَ الْجِسْمِ إِلَى الرُّتَيْنِ، فِي حِينٍ يَنْقَلِي الْجَانِبُ الْأَيْسَرُ الدَّمَّ الْمَوْفُورَ بِالْأَكْسِيجِينِ مِنَ الرُّتَيْنِ وَيُضَخُّهُ إِلَى بَقِيَّةِ الْجِسْمِ.

## وَلِيمُ هَارْفِي

الطَّبِيبُ الْعَرَبِيُّ، ابْنُ النَّفِيسِ (ح. ١٢٠٥-١٢٨٨) كَانَ أَوَّلَ مَنْ وَصَفَ دَوْرَانَ الدَّمِّ بَيْنَ الْقَلْبِ وَالرُّتَيْنِ، لَكِنَّ عَمَلَهُ لَمْ يُعْرَفْ فِي أَوْرُوبَا. ثُمَّ بَعْدَ قَرَابَةِ أَرْبَعَةِ قُرُونٍ (عَامَ ١٦٢٨) نَشَرَ الطَّبِيبُ الْإِنْكَلِيزِيُّ، وَلِيمُ هَارْفِي (١٥٧٨-١٦٥٧) وَصْفًا كَامِلًا لِدَوْرَانِ الدَّمِّ حَوْلَ الْجِسْمِ. وَهُوَ لَمْ يَسْتَطِعْ رَوِيَةَ الْأَوْعِيَةِ الشَّعْرِيَّةِ، لَكِنَّهُ اسْتَشْجَّ وَجُودِيَّةَ وَجُودِهَا.



## الدَّوْرَةُ الدَّمَوِيَّةُ فِي الضَّفَادِعِ

يَتَأَلَّفُ قَلْبُ الضَّفَدَةِ مِنْ ثَلَاثِ خُجَرَاتٍ: أُذُنَيْنِ وَبَطْنَيْنِ وَاحِدٍ. يَسْرِي دَمُ الضَّفَدَةِ فِي دَوْرَتَيْنِ - إِحْدَاهُمَا غَيْرُ الرُّتَيْنِ لِإِكْتِسَابِ الْأَكْسِيجِينِ، وَالْأُخْرَى حَوْلَ الْجِسْمِ لِنَقْلِهِ. وَعِنْدَ عَوْدَةِ الدَّمِّ مِنَ كِلَا الدَّوْرَتَيْنِ يَخْتَلِطُ جُزْئِيًّا قَبْلَ إِعَادَةِ ضَخِّهِ.

الشَّعِيرَاتُ هِيَ الْأَوْعِيَةُ الْوَحِيدَةُ الَّتِي بِرَقَّةٍ جُدْرَانُهَا تُتَبَّعُ لِلْعَوَادَةِ كَالْأَكْسِيجِينِ وَالْهَرْمُونَاتِ مُغَادِرَةً الدَّمَّ إِلَى الْخَلَايَا.

جُدْرَانُ الشَّرَايِينِ غَضَلِيَّةٌ يَلْفُهَا غِلَافٌ خَارِجِيٌّ مَتِينٌ - وَهَذَا يُمَكِّنُهَا مِنْ أَحْتِمَالِ الضَّغُوطِ الْعَالِيَةِ.

الْأَوْرِدَةُ أَرْقُ جُدْرَانًا مِنَ الشَّرَايِينِ، وَهِيَ مُخَيَّرَةٌ بِصَفَامَاتٍ تُبْقِي سُرْيَانِ الدَّمِّ أَحَادِيثَ الْإِتْجَامِ.

## الْأَوْعِيَةُ الدَّمَوِيَّةُ

يَحْوِي جِسْمُ الْإِنْسَانِ حَوَالِي ١٠٠,٠٠٠ كِم مِنَ الْأَوْعِيَةِ الدَّمَوِيَّةِ. تَحْمِلُ الشَّرَايِينُ الدَّمَّ مِنَ الْقَلْبِ إِلَى أَجْزَاءِ الْجِسْمِ، بَيْنَمَا الْأَوْرِدَةُ تُعِيدُهُ إِلَى الْقَلْبِ. وَتُشَبِّهُ الشَّرَايِينُ بِالْأَوْرِدَةِ بِوَسْطَةِ شَبَكَةٍ كَثِيفَةٍ مِنَ الْأَوْعِيَةِ الشَّعْرِيَّةِ (الشَّعِيرَاتِ) الْمِجْهَرِيَّةِ.

## الدَّوْرَةُ الدَّمَوِيَّةُ الْبَشَرِيَّةُ

تَقْسِمُ الدَّوْرَةُ الدَّمَوِيَّةُ فِي الْإِنْسَانِ، كَمَا فِي سَائِرِ اللَّبَوْنَاتِ وَالطُّيُورِ، إِلَى دَوْرَتَيْنِ دَوْنِيَّةٍ وَجَهَازِيَّةٍ. فِي الْأُولَى يَنْقَلُ الدَّمُّ مِنْ نِصْفِ الْقَلْبِ الْأَيْمَنِ إِلَى الرُّتَيْنِ حَيْثُ يَكْتَسِبُ الْأَكْسِيجِينَ وَيُصْبِحُ أَحْمَرًا قَائِمًا. وَفِي الثَّانِيَةِ يَنْقَلُ الدَّمُّ مِنَ الرُّتَيْنِ إِلَى نِصْفِ الْقَلْبِ الْأَيْسَرِ إِلَى سَائِرِ أَجْزَاءِ الْجِسْمِ يَزُوْدُهُ بِالْأَكْسِيجِينِ، وَيَأْخُذُ مِنْهَا ثَانِي أَكْسِيدَ الْكَرْبُونِ - فَيَقْدُو مَنَقُوصًا مِنَ الْأَكْسِيجِينِ أَحْمَرًا قَائِمًا.

### لِمَزِيدٍ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ انْظُرْ

النَّفْسُ ص ٣٤٧

الدَّمُّ ص ٣٤٨

الْبَيْتَةُ الْبَاطِنَةُ (فِي الْحَيَاةِ) ص ٣٥٠



# البيئة الباطنية (في الأحياء)

العالم من حولنا دائم التغير؛ فالهواء قد يبرد أو يسخن. وقد يهطل المطر أو يكون الطقس مشمسًا وجافًا. أما في باطن الجسم، فالظروف البيئية تظل في الغالب هي نفسها من يوم لآخر؛ فدرجة الحرارة هي نفسها على الدوام تقريبًا، والمزيج الكيماوي الذي تحيا به خلايا الجسم يبقى ثابت التركيز. وهذا لا يعني أن الجسم لا يتغير أبدًا؛ فهو يجري، طوال الوقت، تعديلات بسيطة في بيئته الباطنية. فالأعصاب والهرمونات (المراسيل الكيماوية) تعمل معًا لإبقاء ظروف الجسم الداخلية في وضع الاستقرار. وهذا الاستقرار الداخلي (أو الاستتباب)

هو من خصائص الكائنات الحية العليا.

## الإفراغ

الكائنات الحية كلها بحاجة إلى التخلص من الفضلات؛ ويُعرف هذا بالإفراغ. فتحتن نقرغ ثاني أكسيد الكربون والماء عبر الرئتين، ونقرغ المركبات الشرجية والأملاح والماء في التبول، وبعض الأملاح والماء في التعرق. وتخلص أيضًا من مخلفات الطعام غير القابلة للهضم بالتبرز. لكن ذلك ليس إفراغًا أيضًا؛ جهازًا، لأن هذه الأجزاء لا تغير خلايانا مطلقًا. والإفراغ عملية مهمة جدًا لأن الفضلات قد تسمم الجسم. في الجسم السليم تعمل الجملة العصبية والهرمونات على عدم تراكم الفضلات مطلقًا.



بلورات أكسالات الكالسيوم في النورم (التيوم ساقيفرم)

## الإفراغ في الثبات

الثبات أيضًا يحتاج إلى التخلص من الفضلات كما الحيوانات. فثناء التخليق الضوئي، تلتقط النباتات فضلة الأكسجين من أوراقها، كما تخرج بعض الثباتات الفضلات الجامدة في خلاياها. فالحلايا الشية أعلاه من فصل ثوم قد اخترنت بلورات أكسالات الكالسيوم كناتج فضلة.



عظمية تتشقق فوق صخرة

## ذوات الدم البارد

الأسماك والبرمائيات والزواحف حيوانات خارجية الإحار (باردة الدم) تعتمد على مصادر خارجية لتسخين أجسامها. وهكذا فإن درجة حرارتها ترتفع وتهدأ تبعًا لدرجة حرارة مكان تواجدها. والكثير من هذه الحيوانات تغير درجة حرارتها بنمط سنوي. فتتعرض العظاية مثلًا للشمس في الطقس البارد، وتختبئ في الظل في الطقس الحار.



## ذوات الدم الحار

الطيور والثدييات والفقاريات حيوانات داخلية الإحار (حارة الدم) تولد الحرارة داخليًا من خلال الأيض، فتحتن درجة حرارتها ثابتة - وهي عادة أسخن من بيئتها. والحيوانات الداخلية الإحار تظل نشطة حتى في الطقس البارد؛ لكن أجسامها تتطلب مقادير كبيرة من الغذاء (الوقود) لتحقيق ذلك.

## تنظيم درجة الحرارة

ما لم تكن مريضًا، فإن درجة حرارة جسمك ثابتة على 37°م. وتتولد الحرارة من انحلال الغذاء خلال التنفس الخلوي، وهي تُفقد باستمرار في الوقت نفسه. فإذا فقد الجسم حرارة أكثر مما ينتج، يُرسل الدماغ نوا إشارات إلى الجسم لزيادة إنتاج الحرارة كما يمتنع شرب بعضها بتضييق الأوعية الدموية القريبة من سطح الجلد - مما يجعل شعر البدن يقف قشعريرة. أما إذا ولد الجسم حرارة أكثر مما ينبغي، فعندئذ يبدأ التعرق.

النخاعي غدة صفراء صغيرة عظيمة الأهمية، تتصل بقاعدة الدماغ؛ وتنتج عددًا من الهرمونات وتنتج عددًا آخر يُفرز هرموناتها الخاصة. ويربط الوطاء، الجاؤز للنخاعي، جملة الغدد الصم بالجملة العصبية في الجسم.

الغدة الدرقية تُفرز الثورين، وهو هرمون ينظم الثور، وشرعة أنحلال الغذاء لايتعب الطاقة.

يتبع البنكرياس هرمونين يحكمان مستويات السكر في الدم. فالإنشولين يجعل الخلايا تستهلك مزيدًا من الجلوكوز، كما يفرز الكبد على سحب الجلوكوز من الدم، فيما يعمل هرمون الجلوكاجون على جعل الكبد يُعيد الدم بزيادة من الجلوكوز.

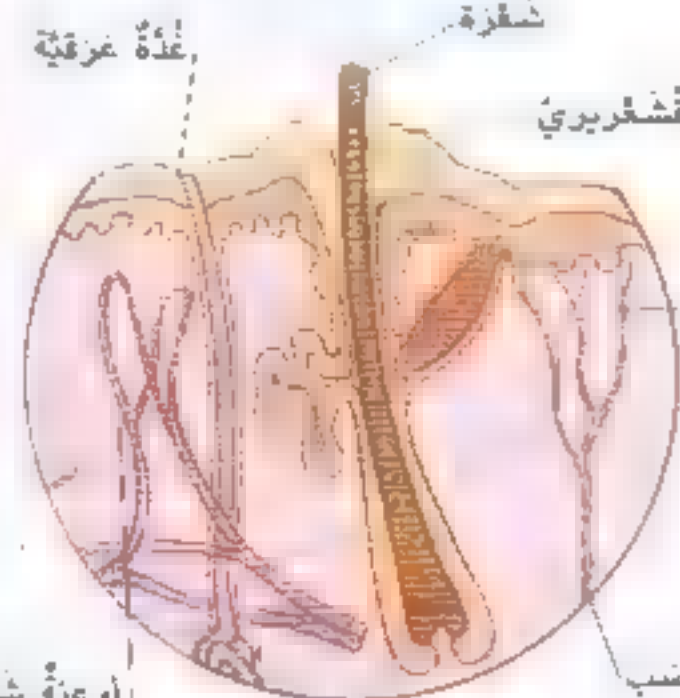
في شتى أنحاء الجسم تنتشر شبكة من الانابيب تدعى الجملة اللمفية تنقل المائغ اللمفي المنتزب من الأوعية الشعرية، فترشحه لإزالة الخلايا والجسيمات الغريبة. ويُعاد اللف المرشح إلى الدم عبر قناة قرب القلب.

الغدة اللمفية هي انتفاخات مسامية في الجملة اللمفية حيث تُهاجم كريات الدم البيض الجراثيم. وإذا انخسف الجسم بالبكتريا أو تعرض للشم، من لدغة افعى مثلاً، فإن الغدة اللمفية تتضخم عادة.

الدم أحد أكثر المواد أهمية في المحافظة على استقرار البيئة الباطنية. فهو يحمل الأكسجين إلى الخلايا، ويأخذ منها الفضلات، وينقل البكتريا المؤذية. كما يحمل جميع المراسيل الهرمونية من الخلايا إليها.

## القشعريرة (الارتعاش)

إذا برد جسمك كثيرًا، يُرسل دماغك إشارات إلى بعض عضلاتك لتتقبض أو ترتعش. وهذا الارتعاش يولد حرارة تدفئ الجسم. وفي الوقت نفسه، تضيق الأوعية الدموية القريبة من الجلد، فتمنع شرب الكثير من حرارة الجسم غير.



عضلة قاف (تقيم الشقرة) ينقش أبو الجن (أربناكوس) روبيكولا) ريشة ليحتفظ بيفته.

## قشور الجلد (قشعريرة)

إحدى العلامات الأولى للإحساس بالبرد هي قشور الجلد بتواءات تبثية على سطحه. وتظهر هذه التواءات لأن عضلات دقيقة تُفك شعر البدن قشعريرة.



## مراقبة الجسم

دماغك مراقب دائم لبينة جسمك الباطنية. فجزء منه يرقب على الدوام تركيز ثاني أكسيد الكربون في الدم؛ فيزيد سرعة التنفس إذا زاد التركيز كثيرا. كما تضبط أجزاء أخرى من الدماغ نسبة الماء في الدم ودرجة حرارة الجسم، وسواها من الظروف الحيوية.

مع كل زفير، تذهب ربتاك ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء (هذا البخار يُصَبَّبُ الرِّجَاج لو زفرته عليه).

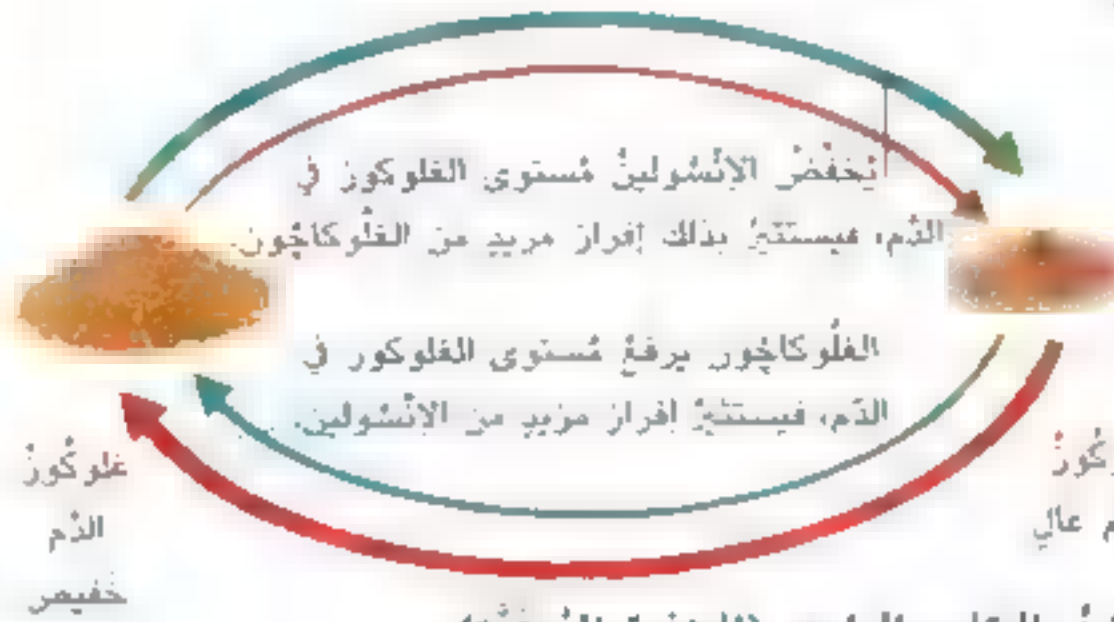
كذلك تعمل كترشح وكمضيق كيميائي. فهي تُزيل خلايا الدم الخثر والتالفة وتحترق حديدتها، وتنضبط الكبد أيضا مستوى الغلوكوز في الدم، كما تصنع البروتينات التي تُخزَّن في الدم.

ترشح كلينك الدم فتستخلص جرمه المائع وتستخلص البول من الفضلات وفائض الماء فيه.

يساعد التعرق على تبريد الجسم. ويحوي الغرق أملاخا تجعل مذاق الجلد مالحا بعد التعرق.

## الهormونات

الهormونات موادٌ تحيل رسائل مُعيَّنة. في الحيوانات تُقَرَّرُ الغُدَّةُ الغُدَّةُ هورمونات تُصَبَّبُ مباشرةً في مجرى الدم لتدور حول الجسم. وعندما يتلخَّ الهورمون الخلايا المستهدفة يبدأ بتنفيذ رسالته. يُنتج الجسم أكثر من 50 هورمونًا مختلفًا، بعضها يُنظِّم مستويات المواد المهمة في الدم، وأخرى تتحكم في طريقة نمو الجسم وتطوره. وتعمل الهورمونات عادةً أزواجًا - واحد ذو تأثير مُضاد للآخر.



## حلقات التظيم الراجع (التغذية العكسية)

الأنسولين والغلوكاجون هورمونان يتحكمان في مستوى الغلوكوز في الدم. فالأنسولين يُخفِّض مستوى غلوكوز الدم، بينما الغلوكاجون يرفعه. هذان الهورمونان يشكِّلان حلقة تنظيم راجع. لأن كلا منهما يؤثر في (ويتأثر به) ما يفعله الآخر.

## الاتصالات الكيميائية

بعض الحيوانات تُطلق كيماويات، تدعى فيزومونات، تتواصل بها بعضها مع بعض. فالحشرات الاجتماعية، كالنحل والنمل والأرض، توصِّل فيزومونها، بعضها إلى بعض، غير الهواء أو بالنفس. ملكة النحل مثلا تحكم النحلة (خلية النحل) بالفيزومونات التي تُنتجها.

## الدفاعات

### المتحركة

كريات الدم البيضاء هي حرس الجسم ضد الغزو. منها نوع يُسمى كالميتة أعلاه تغمر وتلتهم

جزءًا من البكتريا العفنة. هذه التلمحات تتحلل غير الدم والجسم وتبلغ الحرايم. وفي الدم كريات بيض أخرى لمقاومة نضج أحسامًا مُضادة، وهي كيماويات بروتينية، تتصق بالمغازبات وتغص عليها.

## مكافحة الأمراض

جسم الإنسان موقلٌ مثالي للمنعضبات المجهرية، كالبكتريا، لأنه يوفر لها الغذاء، ويُحافظ على استقراره الداخلي باستخدام الجسم نظام المناعي لمكافحة تلك الجراثيم. والجهازان الدموي واللمفي عظيم الأهمية في هذا المجال. فكثير من الجراثيم التي تدخل الجسم تغمرها كريات الدم البيضاء وتبتلعها؛ وكثير سواها تُهاجمها بروتينات نظام المناعة المعروفة بالأجسام المضادة وتبيدها. والنظام المناعي ينهل عليه القضاء على هذه الجراثيم فيما لو عادت لمهاجمة الجسم ثانية بفضل استجابته الذاكرة لتركيبها الكيميائي؛ ويُعرف هذا بالمناعة التحصينية.

## الهormونات في النبات

إذا وضعت أصيص باوراب على أسكفة النافذة، فإن البادرات تُنحني باتجاه الضوء. ويحدث ذلك لأن الهورمونات المعرَّزة للنماء تتجمع على جانب الفصيص البعيد عن الضوء فتُنحني. الهورمونات النباتية تحكم النمو والتطور غالبًا. بعض الهورمونات يُنمِّن نمو اللبنة، وهورمونات أخرى تجعل الأوراق تسقط في الخريف. نخل العسل (أبيس مليفورا)



ملكة النحل

## كلود برنار

كان العالم الفرنسي، كلود برنار (١٨١٣-١٨٧٨)، من أوائل الذين درسوا الفسيولوجية (علم وظائف الأعضاء)، وتعرفوا تكامل عمل أعضاء الجسم في المحافظة على استقرار بيئته الباطنية. فقد اكتشف أن الغلوكوز، الذي هو المصدر الرئيسي للطاقة في الجسم، يُخزَّن في الكبد كجليكوجين، ثم يُطلق عند حاجة الجسم إليه. كما درس عملية الهضم، وتأثير العقاقير على وظائف الجسم والجملة العصبية.



### لمزيد من المعلومات انظر

- الجراثيم (البكتريا) ص ٣١٣
- التنفس الخلوي ص ٢٤٦
- الدم ص ٣٤٨
- النمو ومراحله ص ٣٦٢
- خفاق ومعلومات ص ٤٢٢



# الهياكل الداعمة

الهيكْل يُسندُ جَسَدَ الحيوان، ويؤلّفُ إطارَ دَعْمٍ يَحْمِيهِ وَيُحَافِظُ عَلَى شَكْلِهِ، كما يُوفِّرُ لِلْعَضَلَاتِ مُرْتَكِزًا تَنْسَدُ إِلَيْهِ. مُعْظَمُ الحيواناتِ المألوفةِ ذاتُ هياكلٍ دَاعِمَةٍ من مادّةٍ صُلْبَةٍ كالْعَظْمِ أو المَحَار، وكُلُّما كَبُرَ حَجْمُ الحيوانِ وَوزَنُهُ تَزَادُ حاجَتُهُ إلى هيكَلٍ دَعْمٍ أَقْوَى وَأَمْتَن. والكثيرُ من الحيواناتِ الصغيرةِ لها أيضًا هياكلٌ دَاعِمَةٌ، لِكِنَّها لَيْسَتْ بالضرورة صُلْبَةً الأجزاء دائِمًا. فَدَوْدَةُ الأَرْضِ مثلاً، عديمَةُ العَظْمِ، وهي تَدَعِمُ جِسْمَها بالضغطِ الباطني؛ حيثُ تَضْغُطُ مَوَاقِعُ الجِسْمِ عَلَى الجِلْدِ، كما الهَوَاءُ داخِلَ إطارِ مَطاوِي، كَهَيْكَلِ هيدروستاتيٍّ يُمَكِّنُها مِنَ الانْجِحارِ فِي التُّرْبَةِ.

الشرطان النُضويّ ذو بَرْدٍ مُقْبَبٍ يُغْطِي رَأْسَهُ - بحيثُ العَيْنانِ فِي أعْلَاهُ، والأرجُلُ بِأسْفَلِهِ. وينسَلِجُ الشرطانُ كُلُّما نَعَا.

ذيلٌ شوكي

البطن

يتألّفُ جِسْمُ الفَقّةِ الأرجلِ من شُدْبٍ كثيرةٍ تتَمَفَّضُ وَاجْدَتْها بالأخري لِتُشَيِّخَ للحيوانِ التَّلَوّيَ والالتفافَ. ولا بُدَّ لهذه المَفصَّلاتِ مِنَ الانسِلَاحِ كَمَا نَعْمُ.



## العيش المُغَلَّب

الهيكْلُ الخارجيّ لَهُ مِيزَاتُهُ الإِيجابيّةُ والسُّلبِيّةُ. فمن حِسانِهِ أَنَّهُ يَحْمِي صاحِبَهُ مِنَ الأذى،

ويَجْعَلُ مِنَ العَمَلِ عَلَى المُتَعَضِّياتِ المُتَرَضِّيةِ مُهَاجِمَةً. وفي الحيواناتِ البَرِّيّةِ العِيشُ يُساعِدُ الهيكْلَ الخارجيّ فِي عَدمِ تَغَيُّرِ الجِسْمِ. أمّا المِيزَاتُ السُّلبِيّةُ لِلْهَيْكَلِ الخارجيّ فَهِيَ كَوْنُهُ ثَقِيلًا أحيانًا، بِخَاصَّةٍ عَلَى البَرِّ، كما أَنَّ مِنَ الضَّروريِّ أَطْرَافَهُ مَعَ نِماءٍ صاحِبِهِ فِي بَعْضِ الحيواناتِ. وَخِلالَ عَمَلِيّةِ الانسِلَاحِ يَتَغَيَّرُ الهيكْلُ الخارجيّ، وَيَتَغَيَّرُ الحيوانُ مَعَهُ، كَمَا شَفَّ هَيْكَلُهُ الجَدِيدُ القَرِي تَحْتَهُ. وَعَلَى الحيوانِ حِينَئِذٍ أَنْ يَحْمِلَ فِي مَكَانٍ أَمِنٍ نَحْبَهُ لِإِعْدائِهِ حَتَّى يَنْتَرِ هَيْكَلُهُ الغَضِرُ وَيَتَضَبَّبُ.

مفاصلُ الخُطْبِ

خُطْبُساءٌ مُركَّبةٌ

تتألّفُ المفاصلُ من نَسِيجٍ مَرِنٍ يُتَبَيَّنُ لِلحيوانِ تَحريكَ أَقسامِ جِسْمِهِ المُخْتَلِفَةِ بِسُهولةٍ.

أرجُلُ الخُطْبُساءِ مُغَطَّاةٌ بِصَفائحٍ الكَثِيرِ الطَّلَةِ كَبَقِيّةِ جِسْمِها. وتُتَحَلَّلُ العَضَلاتُ الَّتِي تُحَرِّكُ الأرجلَ بِداخِلِ صَفائحِ الشُّدْبَةِ الَّتِي تَلِيها.



أشجارُ النَجِيلِ

مَشْطوراتُ (دِياثُومِيّات)

بَلِغُ المَحَرِّ المَحَارِثَةِ. بِخِلافِ الحَشَرَاتِ وَالْفَشَرَاتِ، لَيْسَتْ بِحَاجَةٍ إِلَى الانسِلَاحِ، لأنَّ أَصدافَها تَكْبُرُ مَعَ نِماءِ الجِسْمِ.



أُفْرُونٌ مِنَ الكَثِيرِ طُلَّةِ جَدَا

مفاصلُ الرُّجُلِ

طبقاتُ الكَثِيرِ مُتَرَضَّةٌ بَعْضُها فَوْقَ بَعْضٍ.

## الكَثِيرِ

تتألّفُ هياكلُ الحَشَرَاتِ الخارجيّةُ من مادّةٍ قَوِيّةٍ تُدعى الكَثِيرِ، مُتَرَضَّةٌ فِي طَبَقَاتٍ تَتَمازَجُ أَلْيَافُها المُتَوَازِيّةُ فَتَجْعَلُ الهيكْلَ الخارجيّ شَدِيدَ المِثابَةِ.

غَضَلَةٌ مُفَصَّلٌ مَرِنٌ



مُزَفٌّ المَحَارَةِ الشَّدْبُوقُ

مَحَارَةٌ أَقْدَمُ ذاتُ لُفَاتٍ أَكْثَرُ

مَحَارَةٌ ناشِئَةٌ قَلِيلَةً اللُفَاتُ

## المَحَار

الرُّخَوِيّاتُ إِجمالًا ذاتُ هياكلٍ خارجيّةٍ صُلْبَةٍ هي مَحَارِثُها. وتتألّفُ هذه المَحَارِثُ أو الأصدافُ من كَرَبوناتِ الكَالسيومِ المَعْدِنَةِ. وَمَعَ نِماءِ الحيوانِ الرُّخَوِيِّ، يَشْبُرُ فِي إِضافَةِ المَعْدِنِ إِلَى شَفَةِ مَحَارِثِهِ، فَتَكْبُرُ تَدْرِيجًا وَتَزِيدُ لُفَاتُها وَتَشْبَعُ مُسَخَّنًا الدّاخِليّةُ. وَهَكَذَا يَسْتَطِيعُ الحيوانُ الرُّخَوِيُّ الإِحتِفاظَ بِهَيْكَلِهِ الخارجيّ طَوَالَ حَيَاتِهِ، دونَ أَنْ يَطْرُخَهُ كما تَفْعَلُ الحَشَرَاتُ وَالْفَشَرَاتُ.



شَفَةُ المَحَارَةِ





## الهياكل الداخلية

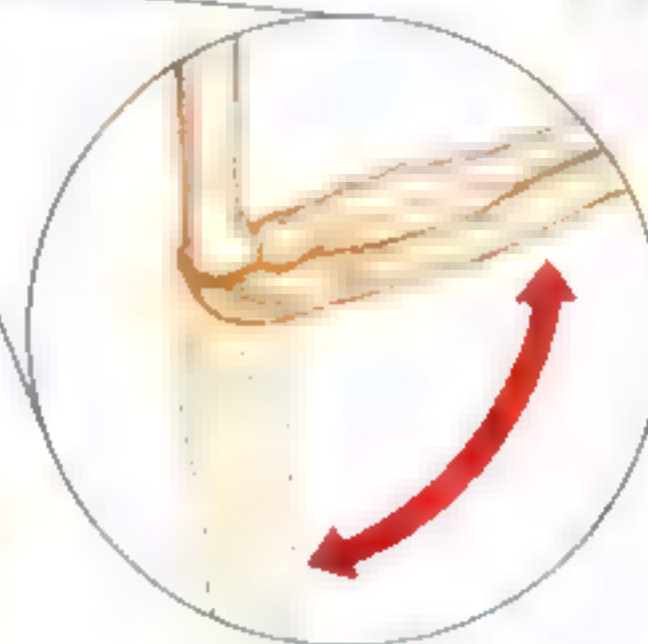
الإنسان، كسائر الفقاريات الأخرى، ذو هيكل عظمي يدعم الجسم من الداخل. والهياكل الداخلية في معظمها تتألف من عظام وعضروف، فيوفر العظم المتانة والقوة، بينما يتيح غضروف المفاصل انزلاق العظام بعضها فوق بعض أثناء الحركة. يتألف هيكل الإنسان من ٢٠٦ عظام تتراوح حجمًا بين عظم الفخذ الضخم والعظيقات الدقيقة في الأذن المتوسطة. وبخلاف الهياكل السطحية في الحشرات وسواها، فإن هيكل الإنسان ينمو داخليًا متساوًا مع نماء الجسم.

### المفاصل

المفاصل هي مناطق اتقاء العظام المختلفة. والمفاصل في معظمها تسمح بالحركة، بشكل أو بآخر، بفضل طبقة غضروفية تلتصق بغطاء رؤوس العظام، ويرتفعها في الحركة سائل زليلي خاص. والمفصل بكامله محاط بغطاء غشائي ليفي متين.

### المفاصل الزوية

المرفق (كما الركبة) مفصل زوي أحادي اتجاه الحركة. يتراوح ضيقًا ومرونة فقط، وليس من جانب لآخر.



الطبقة الخارجية  
الصلبة لعظم مدمج

طبقة داخلية من  
العظم الإسفنجي  
تحتوي نقيًا أحمر

النقي الأصفر  
يحتوي الدُّهن

### باطن العظم

العظم نسيج حيّ يحوي عدة أنواع من الخلايا. وبعض خلاياه تحيط نفسها بطبقات من الأملاح المعدنية تجعل العظم صلبًا جابتًا. وتحوي العظام القنوات في داخلها التي حيث توجد كريات الدم وتحتوي الدهون.

الرؤخ (عظام الكاحل)

مشط القدم

أضلاع الأفعى لا تلتصق بالجانب السفلي من جسمها، مما يسمح لجلد البطن بالامتطاط عندما تتنفس الأفعى وجبة ضخمة.

عظام جشيمة الأفعى أكثرها رخاوة التماسك؛ بحيث يتغير شكل الرأس عند ابتلاع الأفعى حيوانًا أكبر من رأسها.

القحف (الججمة)

الفك السفلي

الرقبة

لوحة الكتف

العضد

فقرات (العمود الفقاري)

الكفيرة

الرئد

الرؤخ

السلاميات

الفصيص

عظم العانة

عظم الفخذ

الرؤفة

الطنوب

الشظية

زعنفة صدرية

### هياكل لا عظام فيها

الهياكل البشرية في أرجلها الجنبية الأولى غضروفية بكاملها. وتتعمم غضاريف الهيكل تدريجيًا حتى حوالي سن الـ ٢٥ من العمر. أما أسماك القرش والسفنين فلا تتعمم هياكلها الغضروفية مطلقًا، ولكونها مائة الفيش الغضروف وحده كافٍ لدعم أجسامها.

### هيكل عديم الأرجل

يكاد هيكل الأفعى يقتصر على جشيمة وعمود فقري وأضلاع. ويحوي عمودها الفقري مئات الفقرات، وعدة ضخمة من المفاصل تسمح كل واحد منها ببعض الشيء مما يجعل الجسم بمجموعه قليلًا لئلا يتحوي والتطوي. والأفاعي عديمة عظام الأطراف حتى إن معظمها فقد كل أثر لعظام الكتف والخصر.

العمود الفقاري في الأفعى ينطوي على ذاته.

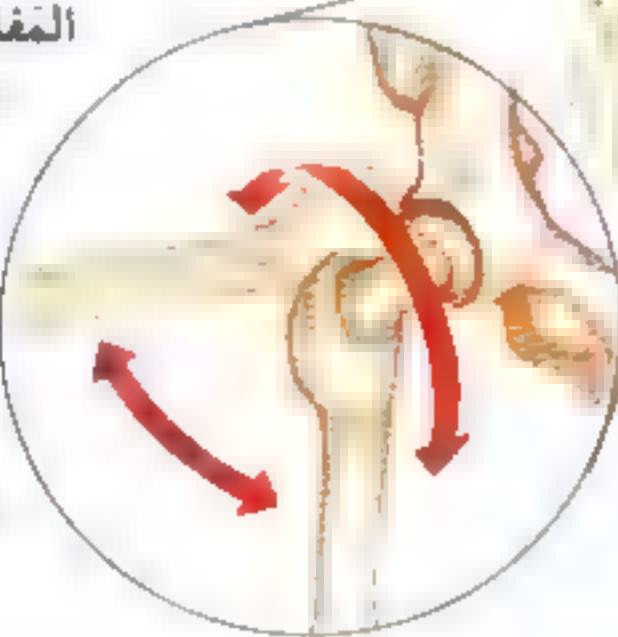
خط الدُّور حيث تلتقي العظام  
عظمنا الجنبية  
مُدمجان

### المفاصل الثابتة

بعض المفاصل مرتبطة لا يمكنها الحركة؛ كما في مفاصل عظام الججمة التي تحمي الدماغ. في بدء نشأتها تكون عظام الججمة منفصلة، ثم تنامي تدريجيًا لتتصل وتتماثل معًا بخطوط متفرجة تدعى خطوط الدُّور. أما عظام الجبهة فيندمجان تمامًا ليعزى من القوة.

### المفاصل الحقيقية الكروية

مفصلا الورك والكتف يسمحان بالحركة في كل اتجاه تقريبًا. فكل منهما يحوي عظمًا طويلًا، بشهي بكثرة، وحفا يوائم تلك الكرة. ويشد العظمين معًا الياف غليظة متينة تدعى الأربطة.



الججمة

الجزام  
الخصر

الهيكل الغضروفي

الفقرات

### لزيد من المعلومات انظر

المتعضيات الوحيدة الخلية ص ٣١٤  
المفصليات ص ٣٢٢  
الغضلات ص ٣٥٥  
الحركة ص ٣٥٦



# الجلد



## الاغتذاء بالجلد

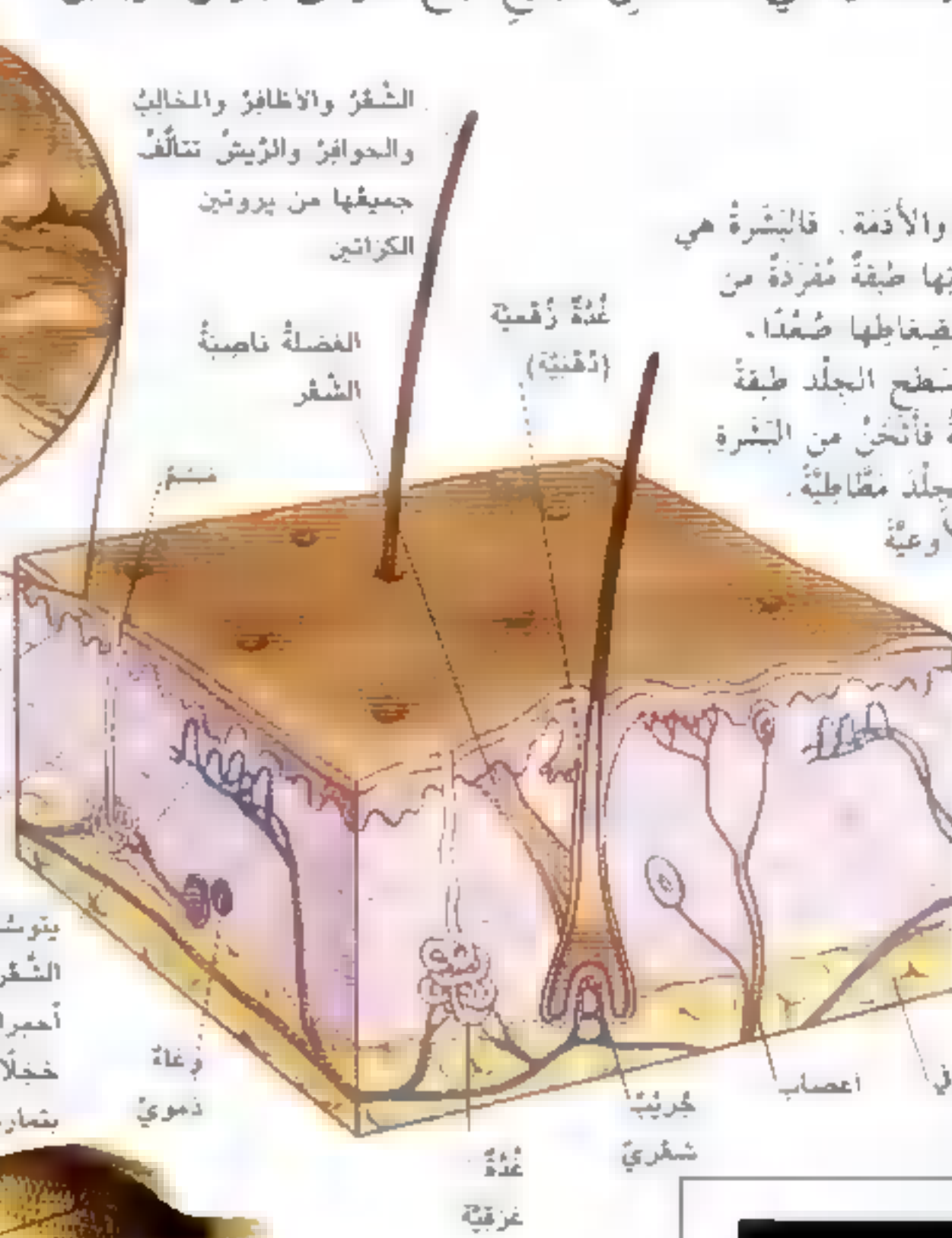
يقترخ الناس ملايين الخلايا الميتة من سطح جلودهم يوميًا، فتمتزج مع الغبار وتوفر غذاءً لغث الغبار المتراكم الدقيق. هذه الغث غير مؤذية عادة، لكن بعض الناس يأتجون بذرقها.

الجلد غطاء مرّن مَتيّن يَحمي الجِسم ويُساعد في المُحافظة على دَرَجَة حراريته ثابتة. ورُغم إحساسنا بحيويته، فإنَّ سطحَ الجلد الخارجي مَواتٌ لا حياة فيه. لكن، بدون هذه الطبقة الميتة كان الجِسم، سريعًا، يجفّ ويتعرّض لِعزّو البكتيريا. يُجدّد الجلد سطحه الخارجي باستمرار، ويُرَمَّم نفسه بِسرعة إذا جرح أو خُدش. وتترايّد ثخانة الجلد في مَواقِع الحَتِّ الزائد كما في أخمَصَي القدمين وراحتي اليدين أحيانًا. جلد الإنسان في مُعظمه مُغطى بالشَّعر، لكنَّ الشَّعر في مُعظم اللُّبونات أغرّز وأكثف. والجلد عاملٌ مُهم في تبريد الجِسم - ففي الطقس الحار يتمدّد الجلد وتمتلئ أوعيته الدَّمويّة الشعريّة بالدم فيزداد فقْد الحرارة إلى الهواء المُحيط. كما إنَّ زيادة التَّعَرُّق وتَبخُّره تُبرِّد الجِسم بفعالية ملموسة. والجلد أكبر أعضاء الجِسم، فمساحته الإجمالية في الشخص البالغ تبلغ حوالي مِترين مُربعين.

## باطن الجلد

يتألّف الجلد من طبقتين هما البشرة والأدمة. فالبشرة هي الطبقة الخارجية، وتتواجد في قاعدتها طبقة مفردة من الخلايا الدائمة الانقسام. وخلال أنصغاطها صُغدا، تموت الخلايا الجديدة مُكوّنة على سطح الجلد طبقة متينة. أما الأدمة وهي الطبقة السفلية فأنخ من البشرة بكثير، وتحوي أليافًا مرنة تُكسب الجلد مَطاوِلة. كما تحوي أيضًا جُريبات الشَّعر والأوعية الدَّمويّة ونهايات الأعصاب الحساسة والدهن، إضافة إلى الغُدِّ العَرَقِيّة. وهذه الغُدّد تَبعث إفرازها الزيتي إلى سطح الجلد عبر مَساميه، فتُثَبِّيه طَريًا.

مقطع عبر الجلد البشري



## التجاعيد (الغضون)

إذا قرّضت جلدك ثم خُثِّته، فسرعان ما يَردُّ مُستعيدًا شكله. وهذا عائدٌ إلى أن أدمة الجلد تحوي بروتينات تُمنِبط كالسقاط. لكن مع تقدّم السن يفقد الجلد مرونته، وتأخذ التجاعيد بالظهور.

## الحراشف

الحراشف المُتراكيّة تُغطي الجلد في مُعظم الأسماك لِحمائته. هذه الحراشف تنمو من الأدمة، وتتألّف من عَظْم وأنسِجَة أخرى. مُعظم الأسماك العَظَليّة ذات حراشف مُستديرة تُجَعِّلها صَفيلةً مَلساء. بينما حراشف سمك القرش صغيرة مُدببة تُكسب جلودها نُشْجَة مُرْمَلَة كوزق الشَّفَرَة.



تنزلق الحراشف المُتراكيّة بعضها فوق بعض فينتقي جلد السمك مِرنا نوعًا رُغم عِطانه الصَّلب.

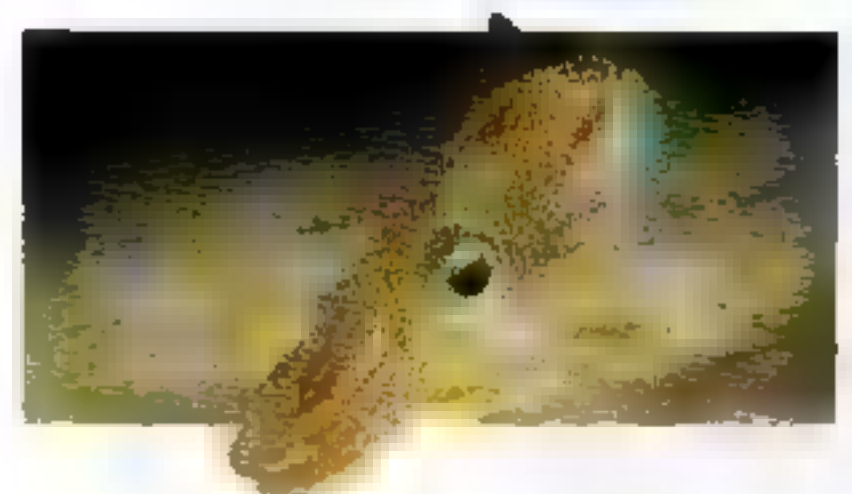
## بصمات الأصابع

الجلد على راحتي يديك وأخمَصَي قدميك تُحرّزه خُيُود دقيقة تُكسب الجلد قِصَّة أفضل لِأَسْماك الأشياء. إنَّ نمط هذه الخُيُود فريدٌ مُتميِّز، يَكثر بِنمُوّه، لكنَّ شكله يَقلُّ ثابِتًا لا يَنتَهِر.



## لَوْنُ الجلد

بعض الحيوانات تستطيع تَغيِير لَوْن جُلدها. فَالْحَبَّار (السُّيْدَج) مثلاً، يَغيّر لَوْنه بِتَغيِير حَجم قَظَيرات خاصّة في جُلده. أما البَشَر فتَكتسِب جُلودهم لَوْنها من خُصْب يدعى القَتامين (أو الميلانين)، يتكوّن تحت سطح الجلد مُباشرة. وتحوي جُلود بعض الناس خُصْب الكاروتين أيضًا في الأدمة. وهكذا فإنَّ جُلود البَشَر لا تُخْتَلِف إلّا بِكَمِيّة الخُصْب التي تحتويها.



## لمزيد من المعلومات انظر

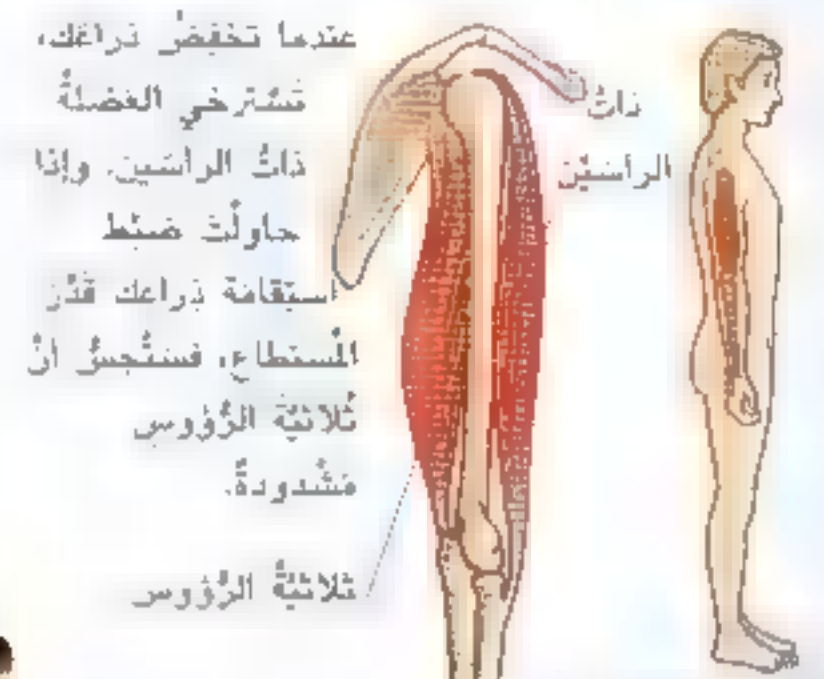
- انتقال الحرارة ص ١٤٢
- الرَّخَوِيَّات ص ٣٢٤
- الأسماك ص ٣٢٦
- الرُّوَاجِف ص ٣٣٠
- الضُّبُور ص ٣٣٢
- البِئَة الباصِيّة (في الأحياء) ص ٣٥٠



# العَضَلَات

## العضلات البشرية

يحتوي جسم الإنسان حوالي ٦٦٠ عضلة إرادية، يترى فيها مدد وافر من الدم، فيوفر لها الأكسجين والغلوكوز. والعضلات تشحن بالانقباض، فتمد الجسم بحوالي أربعة أخماس طاقتها الحرارية.



الحركات التي يقوم بها زوج واحد من العضلات قليلة جداً! لمعظم الحركات تقتضي غزل عدة عضلات معاً، فالبلع مثلاً، يتطلب غزل ست عضلات على الأقل.

عضلة إرادية بشرية

بنية عضلية

ليف عضلية

حزمة ألياف

ثلاثة الرؤوس

عندما ترفع ذراعك، تتفكك ذاك الراسين، وتسترخي العضلة مُضادة - الثلاثة الرؤوس.

## تنفيذ الحركة

حالياً يهزم الضفدع بالقفز، يترقى الدماغ إشارات عبر أعصابها إلى عضلات رجليها، فتقبض الألياف العضلية نواً وتتم عملية القفز. بعض الألياف العضلية يتقلص بينما يسترخي بعضها الآخر حتى والصفدع ساكن لا يتحرك. وهذا يعني العضلات مُشددة (سوية التوتر) ويحفظ الجسم صحيحاً نبطاً. التوتر العضلي السوي مهم جداً في أجسادنا نحن أيضاً، ويتحسن بالتمارين المنتظمة.



عشاء متين يغطي العضلة ويحميها.

خيط أكتيني قلوب

خيط ميوسيني قلوب

## انقباض (أو تقلص) العضل

تحتوي اللييفة العضلية عنقيد من بروتينين مختلفين هما الأكتين والميوسين، يتألف كل منهما من خيوط منفصلة موضوعة في طبقات متراكبة. فعند استرخاء اللييفة العضلية تترابط خيوط الأكتين والميوسين قليلاً. أما إذا استجبت اللييفة بإشارة كهربائية من غضب، فإن خيوط الميوسين تنجذب نحو خيوط الأكتين فتزلق عابرة بعضها بعضاً فتقصر اللييفة العضلية وتقلص العضلة.



## انفعال العضل

إذا رفعت وزناً ثقيلاً، فسرعان ما تنقبض ذراعك. لكن عندما تنقبض عضلة القدم في البطيئوس التي يتسلق بها في موقعه، فإنها تنقل دونما حاجة إلى مزيد من الطاقة لنقل مقبضة؛ رغم أنها تحتاج طاقة ليك الانفعال. وهذا ضرب خاص من العضلات الإرادية يسمى العضل الحافظة.



## لويجي غلفاني

عالم التشريح الإيطالي، لويجي غلفاني (١٧٣٧-١٧٩٨)، اكتشف عرضاً أن رجلي صفدع ميت تقلصان عند تعليقهما في إطار حديدي بذيابيس نحاسية. فحسب غلفاني أن عضلات الصفدع هي التي ولدت الكهرباء التي سببت التقلص. لقد كان مُحققاً في ظنه أن الكهرباء تسببت في تحريك العضلات؛ لكن تولد الكهرباء، كان نتيجة تفاعل الفلزّين معاً. ونحن نعلم الآن، أن الإشارات الكهربائية في الأعصاب هي التي تسبب انقباض العضلات.



## لمزيد من المعلومات انظر

- الخلايا والبطاريات ص ١٥٠
- الرؤوس ص ٣٢٤
- البيرماتيات ص ٣٢٨
- الخلايا ص ٣٣٨
- الدورة الدموية ص ٣٤٩
- الحركة ص ٣٥٦
- الأعصاب ص ٣٦٠



# الحركة

الحركة من خصائص الحياة - حتى وأنت تجلس ساكنًا دون حراك، فإن الحركة مستمرة في أجزاء من جسمك. فالقلب يخفق لضخ الدم حول الجسم، والطعام يحرك عبر جهازك الهضمي. هذا النوع من الحركة لا إرادي يتم دون تدبير منك. والإنسان، كما سائر الحيوانات الأخرى، يستخدم الحركات الإرادية لتحريك جزء من جسمه، أو لانتقاله بكامل جسمه من مكان إلى آخر. وتعتمد طريقة تنقل الحيوان على شكل جسمه وحجمه ونوع بيئته. نسيًا، الحيوانات الصغيرة أسرع تحركًا من الحيوانات الكبيرة لأنها تولد قدرة أكثر بالنسبة إلى وزنها. فلو كان الضرصور بقدر الإنسان، فإن سرعته بالنسبة المقياسية ذاتها، تبلغ ١٤٠ كم/سا.

## الحركة في النبات

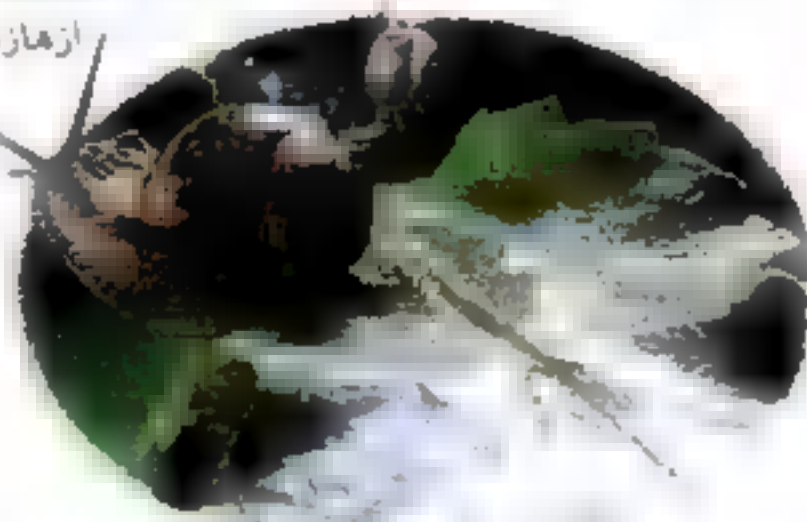
بعض النباتات، كالأقحوان، تفتح أزهارها مع شروق الشمس وتغلقها عند الغروب. وتتخذ حركة الثوم بفعل تغيرات الضغط داخل خلايا النبات. والبناف الأوراق النباتية، كما في البزسيم ونباتات أخرى من فصيلة البسلي، هو مظهر شائع آخر من مظاهر حركة الثوم.



الأقحوان (بليس برييس) يفتح أزهاره عند غروب الشمس.

## أثر مسار الموقع

القواقع واليراق ذات قدم أحادية ماضية متحركة الشكل. القدم العضلية تنقل نموجًا فيزخف الحيوان قدمًا. ويهرق القوقع مخاطًا لزويًا يمكنه من التمشك بالشقوق الخشنة والتحرك فوقها.



فوق السمان (هليكس اشترسا)

## التنمّج

نحو يبلغ نغم الطعام إراديًا بتقليص عضلات في مؤخرة الفم. أما حركتها في المريء وسائر قناة الهضم، فتجري لا إراديًا بالتنمّج. ويتم ذلك بانقباض العضلات دوريًا لدفع محتويات القناة الهضمية على امتدادها ومزجها بالمضارات الهاضمة.



تنقبض العضلات دوريًا فتدفع المريء وتدفع الطعام قدمًا.

تلقف من الطعام

يحدث التنمّج عكسيًا عندما ترفض المعدة الطعام فيحتمل القيء.

القفزة حركة واعية بطيئة نسيًا. أما الطلقة فحركة تلقائية سريعة جدًا تنطلق المفئذ، وتحمي العين.

## تعاير الوجه

التعاير الوجهية، كالذقن أو الانساق، هي حركات دقيقة إرادية يشارك بها أكثر من ٣٠ عضلة مختلفة. ورغم أنها إرادية، فإنها تقوم بها غالبًا دون تفكير.



## السير على أرجل

ذوات الأرجل من الحيوانات تحرك أرجلها بنسق معين. فالإنسان يحرك رجله بالتناوب. ويسير الفهد بتحريك الرجل الأمامية اليمنى مع الرجل الخلفية اليسرى، ثم الأمامية اليسرى مع الخلفية اليمنى على التوالي. لكنه في العدو السريع يحرك رجله الأماميتين معًا ثم الخلفيتين معًا.



يتراجع ذيل الفهد ضفوفًا وتزولا لموازنة حركة أرجله.



تعدّ أرجل الفهد بالكامل حتى تكاد تكون أفقية. ويتقوس عموده الفقري سفلًا. مهيكل الفهد ذو مرونة عبر عادية.



الفهد (اسينوفيكس جوباتوس) أسرع الحيوانات البرية. فقد تبلغ سرعته حوال ١١٠ كم/سا بقفزات سريعة طويلة (حوالي ٧ أمتار).

العمود الفقري يتقوس إلى أعلى لتتقدم رجلا الفهد الخلفيتان أمامًا قدر المستطاع. وتكونان جاهزتين للقفزة التالية.

تتحرك هذه الخيّة غير الشائمة الضفراوية التخطيط (ثمنوبس سرتالس) بتمطيع أفعواني.

تتحرك الحيات بطرق أربع مختلفة. في الطريقة الأكثر شيوعًا، تتحرك الخيّة بحركة ثمانية، وتشد الحوايا على الأرض فتدفع الأمامي قدمًا. في الأماكن الضيقة، تشد الأمامي ذيلها في الأرض، وتدفع جسمها إلى الأمام. ثم يتبعه الذيل بحركة نموجية طويلة (أكوردونية). أما الحيات الثقيلة فتزحف في خط مستقيم. يرفع ويخفض خرافيف بطونها. وتحرك بعض الحيات (الرميلية الموطن بخاصة) بحركة تلو جانبين؛ فتدفع ليات من الجسم إلى الأمام وتبعتها بقية الجسم.

## التحرك بدون أرجل





## الطيران والسباحة

الطيران والسباحة وسيلتا الحركة غير مانعتين مختلفتين تمامًا. تطير الحيوانات أو تشبح بدفع المانع إلى الخلف، فتدفع هي بقوة رد الفعل في الاتجاه المعاكس - إلى الأمام. إن كثافة الجسم في معظم الحيوانات السابحة مساو تقريبًا لكثافة الماء حولها فلا ترتفع ولا تنخفض. أما في الحيوانات الطائرة فالجسم أكثر من الهواء بكثير؛ فلا بد لها من استخدام أجنحتها في تحليقها كما في تحريكها.

الزفيع يدفع إلى أعلى

الجاذبية تشد إلى أسفل

### الطيران الانسيابي

جناح الطائرة، مُنسطح، أشبه بسطح انسياب زافع، يتلقى دفعًا من أسفل إلى أعلى عندما يشري الهواء من فوقه. أثناء طيرانه الانسيابي، تشد الجاذبية الطائرة سفلًا، والزفيع يدفعه صاعدًا. تعتمد الطيور على الطيران الانسيابي لتقطع مسافات طويلة بجهد قليل، بغضبة في الهواء الدافئ الصاعد.

### التوجيه أثناء الطيران

كثير من الخشرات الطائرة لها زوجان من الأجنحة. أما القبان (النوع ثيولا) وذباب المنازل فلها زوج واحد فقط. وقد تطور الجناحان الخففيان إلى عضوين دقيقين دبوسيين يعرفان بدبوس التوازن. فهما، بتدبئهما أثناء الطيران، ينتجان إشارات عصبية تُفنى الحشرة في مسارها المحدد.

دبوسا التوازن  
يساعدان الذبابة  
المثبثية في الحفاظ  
على توازنها أثناء  
الطيران.

٢. في خففة  
المشعوية يزفع  
الطائر جناحيه  
حتى يكاد  
يتماشان.

١. جسم النمامة مشيق  
يخضع الاحتكاك بالهواء  
أثناء الطيران.

الطيران الخفافي

المشابهة

تستخدم الهلاميات  
المشيطية المكورة الجوف  
مذبيها للتنقل؛ كما تساعد  
الهذيت على مجساتها في  
التقاط الحسيمات الغذائية.

### اللاطئات

الزفيع من القشريات البحرية الهذائية الأرجل يلتصق بالسطوح الصلبة ويعتدي بقطع الغذاء التي تجمعها أرجله الزيشية انضارية في الماء. تقضي الزفيعات كامل حياتها في مكان واحد كساتر الحيوانات اللاطئة، لكن يزفيعاتها تنقل سباحة أو منجرفة من مكان إلى آخر.

١. يلتصق كلب البحر السابح الفضلات  
في جانبي الجسم مداورة، فيتلقى  
الجسم من جانب آخر.

### الطيران الخفافي

يزفرف الطائر جناحيه سفلًا  
وخلفًا لينطلق في الهواء؛  
وبانطلاقه يتولد الزفيع يسريان  
الهواء فوق جناحيه، فيبقى  
مرتفعًا. وإذا توقفت الطائر عن  
الزفرفة تنطأ سرعته فيتناقص  
الزفيع ويبدأ بالهبوط. تستخدم  
الطيور الطيران الخفافي  
للانطلاق بسرعة أو لإنقاذ  
اتجاه معين.

٥. الجناحان  
جاهزان لينشدا  
سفلًا بواسطة عضلات  
قوية في صدر الطائر.

يستخدم كلب البحر  
زفيعته الصدرية لتغيير  
اتجاه جسمه أثناء  
السباحة.

### السباحة

تسبح السمكة بدفع الماء برعانها  
أو بكامل جسمها. الأسماك  
المضروقة في معظمها، ككلب  
البحر هذا، تشي أجسامها في  
السباحة. أما الأسماك العظمية،  
كالسمك الذهبي (سمك الغرابي  
المائي) فتدفع غالبًا بالذيل والرعايف  
الصدرية فقط، مستخدمة الرعايف  
الأخرى للتوجيه. بعض الأسماك كالثونة  
والأسقمري مزودة بمجموعات عضلية  
خاصة تستخدمها في الشرعات المفاجئة.

### الدفع الثبات

بخوي جسم الحبار الكبير (الشيذج)  
تجويًا قليلًا بالماء عادة. يستطيع الحبار  
تقليص هذا التجوي بسرعة فائقة  
فيتسجل الماء خارجًا غير وثقث متعني.  
وباندفاع الماء غير هذا المتث، يتدفع  
الحبار في الاتجاه المضاد. ويغير  
الحبار اتجاهه بتغير موقع مثقته.  
وبطريقة الدفع الثبات هذه تتحرك  
الأخطبوطات والشيذجات الأخرى.

٢. بدفع ذيل  
كلب البحر وجسمه  
إلى الخلف فيندفع  
هو بقوة رد الفعل إلى  
الأمام.

### التنقل الهذائي

الهلاميات المشيطية المكورة الجوف عديمة  
الأرجل والرعايف. وهي تنقل بحقي هذائيات  
شعرية مشيطية النسق تعمل كالنمجايف. وهي  
تستخدم هذه الهذيت أيضًا للطفو فائمة على  
مقربة من سطح الماء.

### لزيد من المعلومات انظر

- السرعة ص ١١٨
- القوى والحركة ص ١٢٠
- الرؤويات ص ٣٢٤
- الأسماك ص ٣٢٦
- الرؤايف ص ٣٣٠
- الطيور ص ٣٣٢
- الهضم ص ٣٤٥
- العضلات ص ٣٥٥



## الحواس

الحواس هي نوافذنا على العالم من حولنا - فكل ما يعرفه الشخص عن بيئته يأتيه عن طريق عيَّته (البصر) وأذنيه (السمع) وأنفه (الشم) ولسانه (الدُّوق) وجِلْدِه (اللمس) - إضافة إلى حسِّه الداخليِّ الأحشائي الذي يُشعره بالجوع أو العطش أو المَغص مثلاً. فأعضاء الحسِّ على اختلافها، تُرسلُ دَقَقًا من المعلومات عبر الأعصاب إلى الدماغ، الذي يتلقَّى الإشارات ويردُّ بالاستجابة المناسبة لها. وتعتمد الحيوانات المختلفة على حواسٍ مختلفة تبعاً لطرائق حياتها. فبعضها، كالقِطَط، يَتميَّزُ ببَصَرٍ ثاقِبٍ وسمعٍ مُرهَفٍ؛ في حين تَتميَّزُ حيواناتٌ أخرى، كالكلاب، بحاسة شَمٍ حادَّة. هذا وتَعرَّفُ بعضُ الحيوانات مُحيطها بإحساسات الضَّغط والحرارة وحتى الكهرباء.



جُملة حواس

يتكلَّم الناسُ في العادة عن حواس خمس. والواقع أنَّ الحواس أكثر من ذلك بكثير؛ فاللَّمْسُ وحده يشمل عدَّة حواس - (إذ إنَّ نهايات الأعصاب الخاصَّة في الجِلْد حساسة للضغط والألم والحرارة والبرودة. كما إنَّك تُحسُّ بمواقع ذراعيك ورجليك وأوضاعها - إضافة إلى جسِّ التوازن الذي يُتيقُّك مُتصبِّحاً.

### الكلب الهلبيَّة

في الظلمة، قد تدور في المَثَل ماذا ذراعك أمامك لتَحسَّس طريقك. والحيوانات الأخرى، كهذا الشَّبه القُتْراني (مُستَركس أفريكوسترالس)، تَحسَّس طريقها بَكلِّها الهلبيَّة - وهي شُغرات جابِسة طويلة في مُقدِّمة رأس الحيوان تعملُ كَمُصْبَر لَمَسٍ يَحسَّسُ العوائق في طريق الحيوان قبل الارتطام بها.



### الإحساس بالحركة والضغط

الكثير من أعضاء الحسِّ قادرٌ على اكتشاف الحركة والضغط - لمسا أو ضوئاً أو ذبذبات. فجسمُ الجُنْدَب في مُعظمه حسَّاسٌ للَمْس، وبه أيضاً خلايا حساسة للذبذبات في الأرض، فتُنبِّهه لِقُفْز مُتَبَعاً من طريق حيوانٍ دابٍّ. والضوُّتُ شكلٌ آخر من أشكال الضغط يَحسَّسه الجُنْدَب غير أذنيه.



خط جانبي على جانبي الحفيرا

### الخط الجانبي

يوجد في الكثير من الأسماك خط من الخلايا الحساسة على جانبي الجسم يُدعى الخط الجانبي - من وظائفه اكتشاف الموجات الضغطية المنتقلة عبر الماء وتحسُّس حركة الحيوانات الأخرى من حوله.

### الإحساس بالضوء

عينا الجُنْدَب مُعقَّدا التركيب تتألفُ واجدتهما من عُيُنَات مُتعدِّدة مُستقلَّة الغدسات، فتُنتج ضوءاً دَقيقاً فسَّطاسيَّة النمط يُورِدها الجُنْدَب ليرى العالم من حوله. أمَّا عينا الإنسان فتعملان بطريقة مُختلفة. فكلٌّ غير تحوي عدسة واحدة تُركِّز الضوء على بِنارة مُقوَّسة من الخلايا العَصِيَّة الحساسة للضوء (تُدعى الشبكية) فتكوِّن صورةً واحدة فقط.



قد تتواجد طبلتنا أذني الجُنْدَب على جانبي البطن، أو على القسم السفلي من الرجلين.

### الإحساس بالصوت

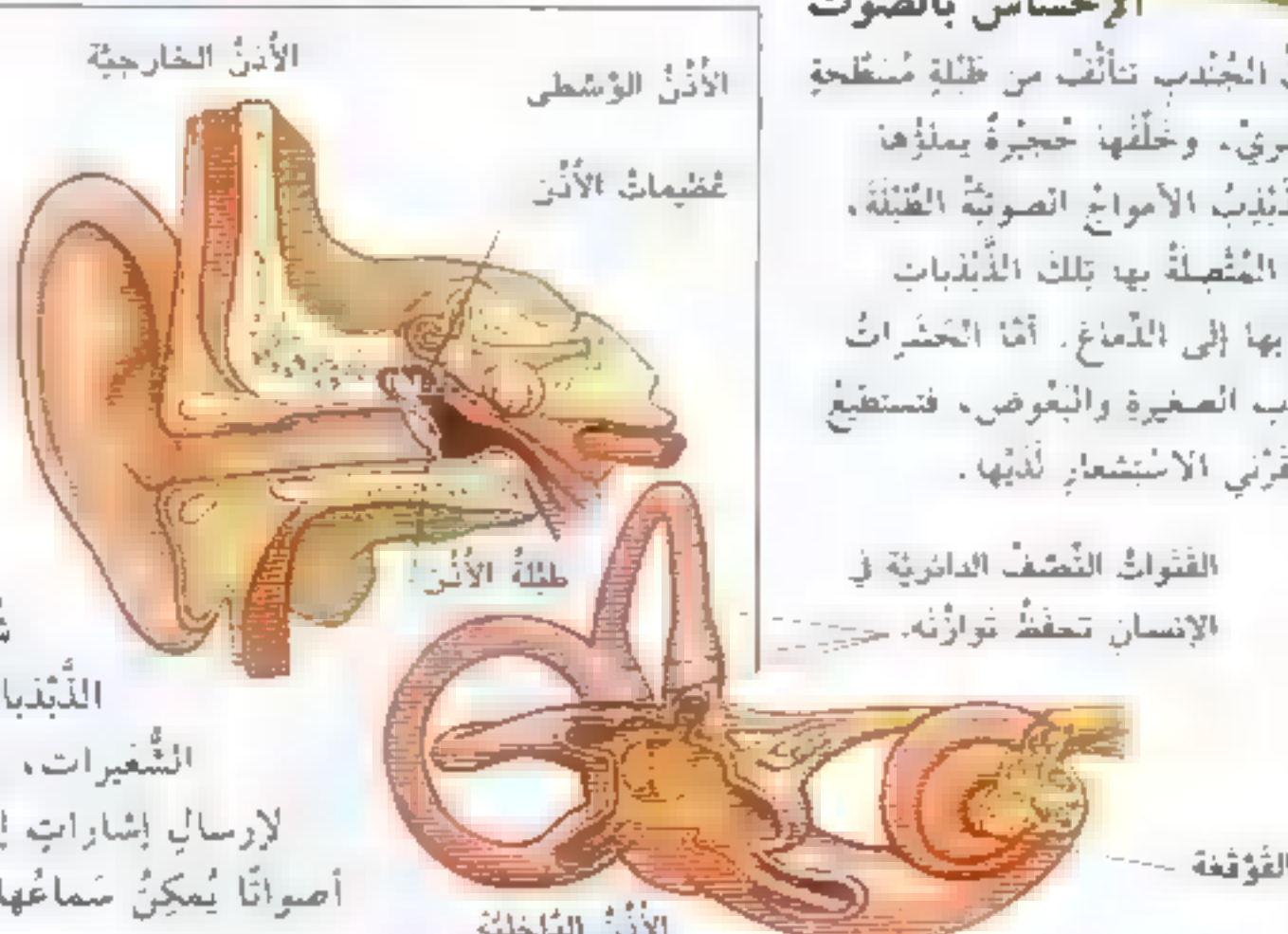
أذن الجُنْدَب تتألف من ظِلَّة مُسطحة على الغطاء القشري، وخلفها خَجيَّة يملؤها الهواء. عندما تُذبذب الأمواج الصوتية الظليلة، تَحسَّس الخلايا المُتصلة بها تلك الذبذبات وتُرسلُ إشارات بها إلى الدماغ. أمَّا الحشرات الصغيرة، كالذباب الصغيرة والبعوض، فتستطيع كشف الصوت بقرني الاستشعار لديها.

### مخبرات الحس الجسدية

ترتبط الصفايح الضلبيَّة حول جسم الجُنْدَب بمفاصل مرنة. وكلُّ مفصل مُزوَّد بخلايا خاصَّة على كلا جانبيه، وهي إمَّا مُنصَّمة أو مُمتَّعة، تبعاً لوضع المفصل. هذه الخلايا تُرسلُ إشارات إلى الدماغ، يَحسَّس الجُنْدَب بواسطتها وضعية جسمه. ولدى الجُنْدَب أيضاً، ككُلِّ الحيوانات تقريباً، خلايا أخرى تُكثِّف شدَّ المجاذبيَّة يستبين بها الاتجاه إلى فوق.

### أذن الإنسان

الأذن الخارجية في الإنسان تُوجَّه الأمواج الصوتية إلى الظِّلَّة فتجعلها تتذبذب. فتُنقلُ العُظِمَات الثلاث الدقيقة في الأذن الوسطى الذبذبة إلى القوقعة، التي تحوي سائلاً وخلايا ذات شُعيرات خاصَّة. فتُنقلُ الذبذبات عبر السائل مُحرَّكة الشُعيرات، ومُستجيئة الخلايا العَصِيَّة لإرسال إشارات إلى الدماغ، والدماغ يُجِلهَا أصواتاً يُمكن سَماعها.



الأذن الخارجية

الأذن الوسطى  
عُظِمَات الأذن

ظِلَّة الأذن

القوقعة

الأذن الداخلية



## الدُّوق والشم

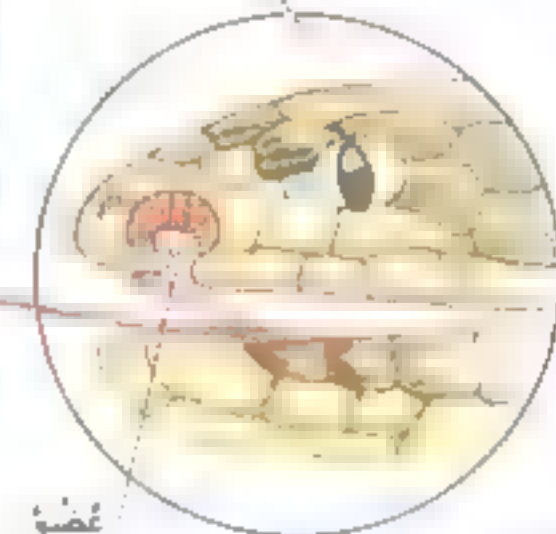
تستخدم الحيوانات حاستي الدُّوق والشم لكشف الكيماويات. فعندما تذوق شيئاً تتأثر مجموعات من الخلايا المهدبة على اللسان، تدعى خَلِيَمَات الدُّوق، بالكيماويات المذابة في الماء أو اللعاب وتُرسل إشارات عصبية بها إلى الدماغ. وكذلك حين تشم تتأثر خلايا في أعلى الأنف بالكيماويات المذابة في بطانة الأنف الرطبة. خَلِيَمَات الدُّوق حساسة لظهور الخلو والمُر والحامض والمالح فقط. أمَّا النكهات والمذاقات المتعددة الأخرى فهي مزيج من هذه المذاقات الأربعة. حاستا الدُّوق والشم مترابطتان تماماً بعضهما، لذا يتعدَّر على المَرْكُوم تمييز نكهات الأطعمة المتقاربة.



أفمى (فتيرابيس)

### غضو جاكوبسون

تحتس الحية الزوايح المختلفة في ثغرة في سقف الفم تدعى غُضْر جاكوبسون. تُلَوِّح الأفمى بلسانها لتلصق الكيماويات من الهواء. ثم تضغط طرف لسانها المنثوق في غُضْر جاكوبسون. الشظن بخلايا غاصّة تبيّن الكيماويات المختلفة من الهواء.



### الشم

بعض الحيوانات تستخدم الروائح للتعلم إرسالاً واستقبالاً فتترك الكلاب، مثلاً، روائحها لتحدد مناطق نفوذها، أو لشعر الكلاب الأخرى بوجودها. وهي تستخدم حاسة الشم لاستيعاب ضرورة عن العالم من حولها.

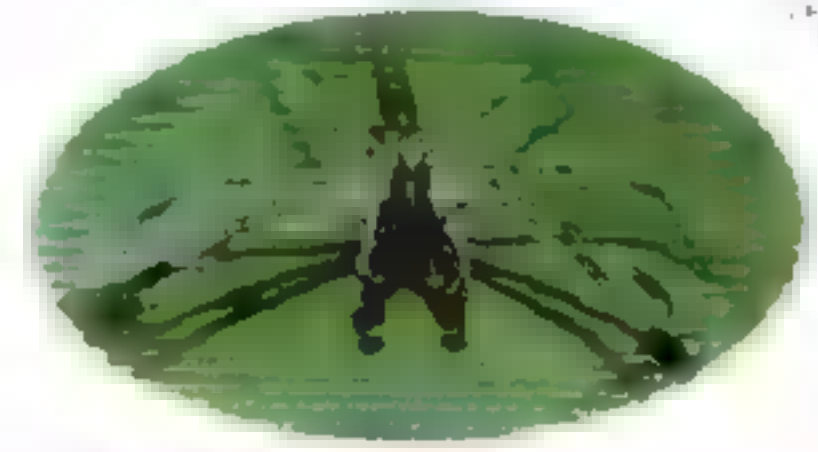
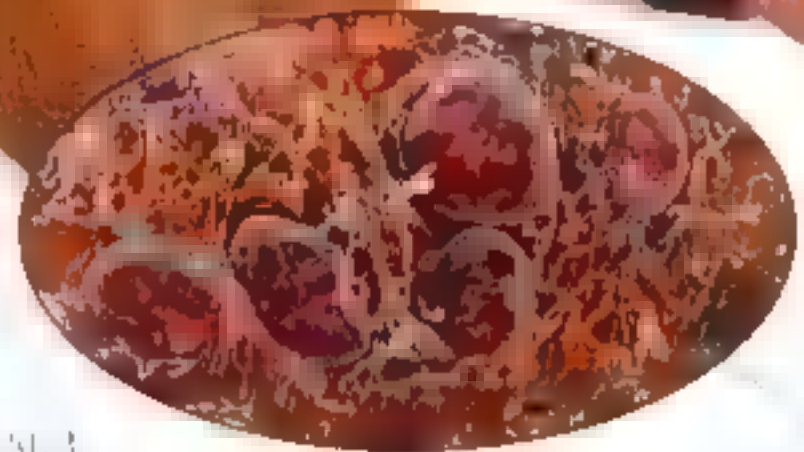
تتواجد معظم خَلِيَمَات الدُّوق في ثَم دقيقة على سطح اللسان.

غُضْر جاكوبسون

### الدُّوق

خَلِيَمَات الدُّوق المختلفة على

لسان الحيوان تتخس المذاقات المختلفة كالخلو والحامض. وتُمكن حاسة الدُّوق الحيوان من تقرير ما إذا كان الشيء صالحاً للأكل أم لا، فيختار السائم من الأطعمة ويحبب الفار أو السام منها.



### تقدير المسافات

الكثير من الحيوانات، بما فيها الإنسان، تُعبر بالعَيْنين بما يُرخ لها تقدير المسافات، لأنَّ العينين الأماميتين التوجّه تكونان صورتين مختلفتين قليلاً للجسم ذاته. هذا الغتكب القفار الضليل القذ (ليشومائر فيريدس) له أربعة أزواج من العيون الكبيرة، بعضها يتجه جانبياً. لكن زواحا منها أمامي التوجّه، فيمكن الغتكب من تقدير بُعد الفريسة قبل القفز لالتقاطها.

قرنا الاستشعار في جعل الحراج ينشران كالزواحة.

### اجتذاب القرين

إناث الحشرات عالياً ما تُعرف الذكور بمواقعها بابتعاد كميات ضئيلة من الكيماويات، تدعى الفيرومونات، تُشِير في الهواء. ولما كانت ذُكُور النوع حساسة لهذه الفيرومونات، فإنها تتبع مصاورها لإيجاد الإناث والتزاوج. ويتخس الذكور من جعل الحراج (ملونتا بلونتا) فيرومونات الإناث بقرني استشعاره المرشطين.



## الحس في النبات

تسر للنباتات أعضاء حس خاصة، لكنها تستطيع الاستجابة للبيئة حولها. فجميع النباتات حساسة للضوء والجاذبية، وبعضها يتخس أيضاً الأجسام المجاورة. فالنباتة المُستجِبة (ميموزا بوديكا) مثلاً، جيد على هذه الاستجابة إذ سرعان ما تنطبق أوراقها عندما تُس.

وتُحس عظم النباتات المُعرشة الأشياء، فتسحب بتعليق الثبته بالانتفاخ حول الدعامية التي تُعسها.



عظم (أو مغاليق) المفترشات، كنبته البسر هذه، هي أوراق مخوذة خيوطا للتعليق.

انطبق أوراق الثبته المستجبة قد يُنفذها من أن تؤكل.

### المجالات الكهربائية

الإنصار في المياه الموجلة مُتعدِّر للغاية. بعض الأسماك من نوع جنماركوس نيلوتيوكوس، تستخدم مجالاً كهربياً، تولّده حولها عضلات خاصة فيها. فإذا ما اضطرب المجال، تستطيع السمكة تُعرف المُسبب، حجباً وموقفاً.

### لمزيد من المعلومات انظر

- إحداث الشوت وسماغه ص ١٨٢
- الإبصار ص ٢٠٤
- المفصليات ص ٣٢٢
- الأسماك ص ٣٢٦
- الجلد ص ٣٥٤
- الحركة ص ٣٥٦
- الأعصاب ص ٣٦٠
- الدماغ ص ٣٦١



# الأعصاب

حينما تتناول هذه الموسوعة لتقرأ، تحصل أشياء كثيرة بسرعة فائقة. فذراعاك تنهيان لحمل الكتاب ورفع به بالقوة المناسبة. وتنقبض عضلات ظهرك حتى لا يسقط جسمك إلى الأمام، وكل هذه الترتيبات تتم بفضل الأعصاب. تتألف الأعصاب من حزم طويلة من الخلايا الرفيعة، تدعى العصبونات، تنقل الإشارات الكهربائية بسرعة. فالعصبونات الحسية تنقل الإشارات من مختلف أجزاء الجسم إلى الدماغ أو إلى النخاع الشوكي. والعصبونات الحركية تنقل الإشارات من الدماغ أو النخاع الشوكي إلى العضلات لجعلها تنقبض. ويربط بين هذين الضربين من الخلايا عصبونات مختلفة رابطة، إرسالا واستجابة، تبعث الرسائل إلى الدماغ وتعيد الدفعاات العصبية إلى العصبونات الحركية.

إذا تأذى إصبعك بشوكة أو شيء ساخن تنقل الإشارات إلى النخاع الشوكي، لا إلى الدماغ، من أجل رد فعل فائق السرعة.

١. يشير الألم العصبوني الجسدي لينتقل إشارة.

## كيف تعمل الأعصاب

في جهازك العصبي ثلاثة ضروب من العصبونات (الخلايا العصبية). فإذا لمست شيئا مؤلما، يتحسس الألم عصبون جسدي؛ فينقل هذا إشارة كهربائية إلى عصبون رابط في النخاع الشوكي. وبذوره يمرر عصبون الرابط الإشارة إلى واحد أو أكثر من العصبونات الحركية، فتعيد هذه بذلك عن مصدر الألم. ويدعى هذا الضرب من رد الفعل الفائق السرعة منعكسا.

## الجملة العصبية في الإنسان

تألف الجملة العصبية في الإنسان من الجهاز العصبي المركزي (النخاع الشوكي والدماغ) والأعصاب المحيطية. وينسق الدماغ كل ما يقوم به الجسم. بعض الجملة العصبية إرادي يمكن التحكم به، والباقي يعمل تلقائيا، بحيث ينظم عمل الجسم سلبا دون تدخلك.

## الشبكات العصبية

أعصاب الدودة المنطوقة تشير عبر جسمها في شبكة مترابطة. وتنبعث الأعصاب إشارات تجعل جسمها يتقلص متوجبا فيمكنها السباحة.

الجهاز العصبي في الدودة المنطوقة

الدماغ

غدة عصبية

نودة مسطحة متوازية التخطط

(بروشيماريوس فيناتوس)

## أعصاب الحشرات

الجملة العصبية في الحشرات أبسط منها في الحيوانات العليا. فتألف من دماغ وتجمعات من العصبونات، تعرف بالغدة العصبية، يرتبط بعضها مع بعض بواسطة صفوف من الألياف العصبية.

الجهاز العصبي في الجندي

مجنبة (جرادة)

## الأعصاب العملاقة

دودة الأرض (الخزطون) مجهزة بعصبونات عملاقة خاصة تمتد من الذيل إلى الرأس، وتنقل الإشارات بسرعة تزيد ٥٠ مرة عنها في بقية الأعصاب. فإذا نقر طائر ذيل الدودة، تنطلق الإشارات بسرعة على طول الأعصاب العملاقة، فتنبض الدودة تورا.



## الميلين (التخامين)

بعض العصبونات يلفها غمد دهني يدعى الميلين أو التخامين، يزيد من سرعة انتقال الإشارات العصبية فيها؛ وينتج شروب إشارات العصبون الكهربائية - كما العازل اللدائي حول سلك كهربائي. وتخلق الميلين خلايا خاصة تلتف حول المحاور تسمى خلايا شوان.

غمد نخاعي حول المحاور

٢. تنطلق الإشارة على طول محاور (ليف) العصبون. والمحاور أرفع بكثير من الشفرة، لكنه قد يكون طويلا جدا؛ كالمحاور الممتدة على طول الذراعين أو الرجلين.

٣. تمرر عصبون الرابط الإشارة عبر مشبك (تماس) إلى عصبون مخزن.

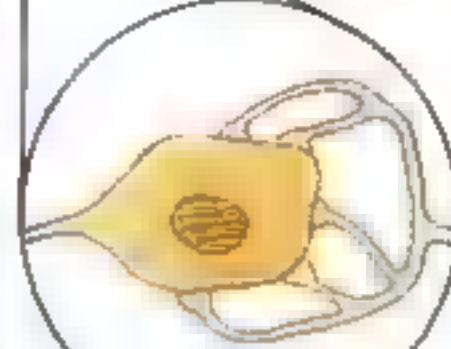
٤. تمرر عصبون الرابط الإشارة عبر مشبك (تماس) إلى عصبون مخزن.

٣. تنقل الإشارة إلى عصبون رابط في النخاع الشوكي.

تصل الإشارة إلى عصبون الرابط قابضة غير أخذ المشابك.

## المشابك

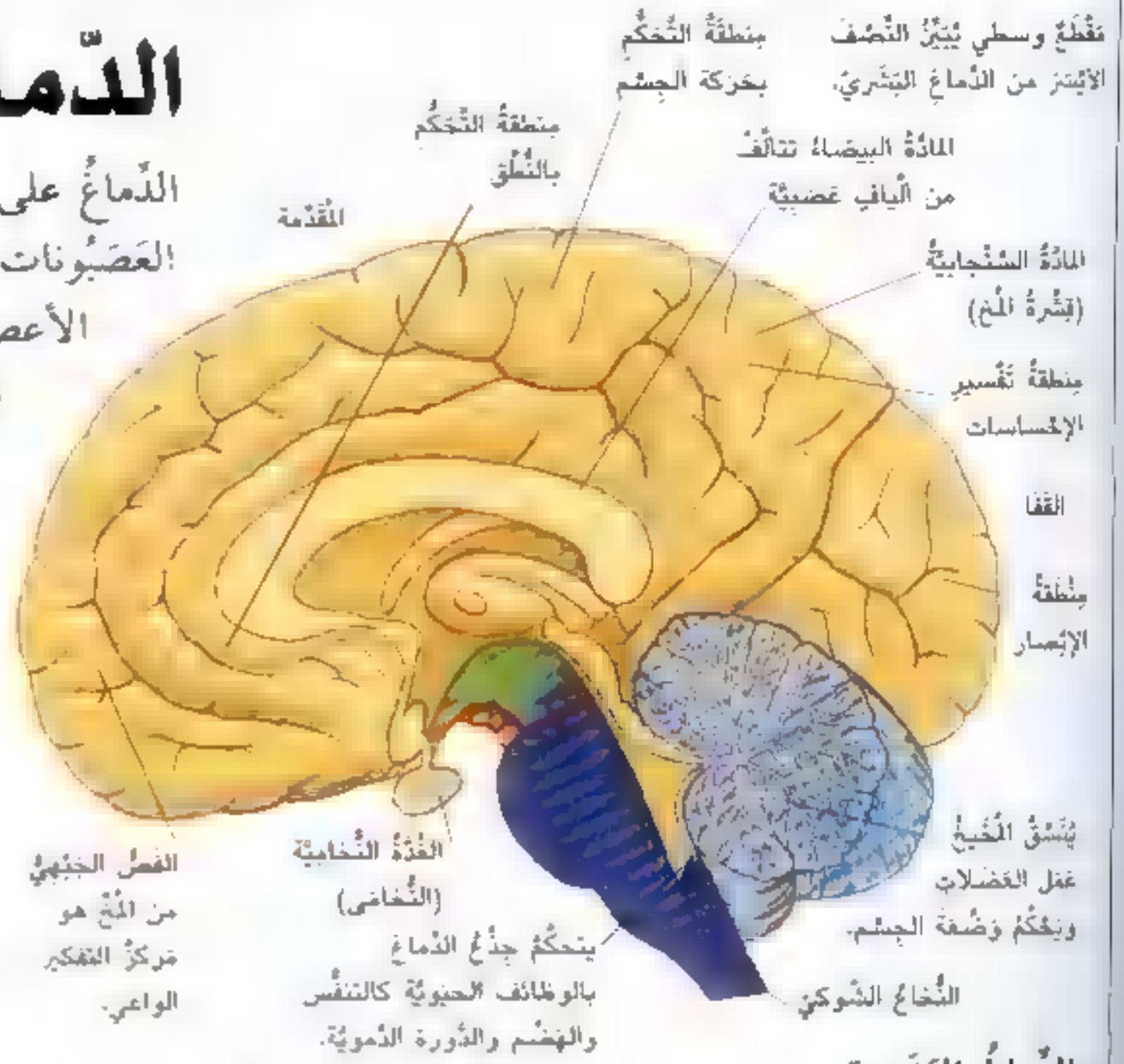
تلتقي العصبونات في فجوات دقيقة تدعى المشابك تفصل بينها خلايا عازلة. الإشارات الكهربائية في اتجاه واحد. بعض العصبونات تمرر الإشارة حال استقبالها بينما أخرى تنتظر وضوء غدد من الإشارات قبل ابتعاث دفعة عصبية منها.





# الدماغ

الدماغ على اتصال دائم بكل جزء من الجسم. وهو يحوي بلايين العصبونات (الخلايا العصبية) التي يترابط بعضها مع بعض ومع جميع الأعصاب في الجسم. يعرف العلماء الكثير عن العصبونات منفردة، لكن طريقة عمل الدماغ متكاملًا لما تتوضّع لهم. وقد بدأ الخبراء حديثًا يستكشفون طرائق التفكير والتذكر. ومن المعروف الآن أن الدماغ البشري ينقسم إلى مناطق منفصلة، بعضها يتحكّم بوظائف الجسم العامة، وبعضها يقوم بتنسيق ومساواة الحركات أو تفهم الكلمات المسموعة. أنت، في اللحظة، تدرك وتعي ما تقوم به؛ لكن أثناء نومك يتغلّق دماغك الواعي، فتتابع أجزاء أخرى من الدماغ استمرارية العمليات الحيوية ليقاتلك.



## الدماغ البشري

ينقسم الدماغ البشري إلى ثلاثة أقسام رئيسية؛ اثنان منها، هما جذع الدماغ والمخيخ، يتحكمان وظائف الجسم الحيوية كالتنفس والهضم والدورة الدموية والوضعة. أما المخ، الأكبر كثيرًا، يشقّه الأيمن والأيسر فيعالج المعلومات والمنعطفات؛ وهو مركز الإدراك والتفكير. يحوي دماغ الإنسان حوالي ١٠٠٠ بليون خلية عصبية عند الولادة؛ وينضج هذا الغدّد ببطء مع تقدّم السن لأنّ العصبونات تنمو ولا يمكن استبدالها.



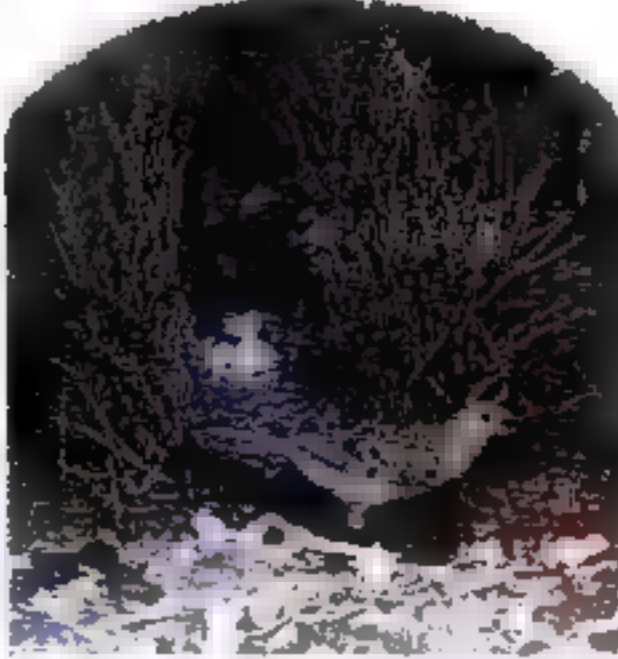
## دماغ الضفادع

المخ في الضفادع صغير نسبيًا، والمخيخ ضئيل كذلك. لكن جذع الدماغ يؤلّف حوالي نصف حجم الدماغ بأكمله. الإبصار مهم جدًا للضفادع لأنّها تقبض فرائسها بالبصر. فالضفادع البصريّان، رغم أنّهما أصغر منّا هما عليهما في الطيور. يؤلّفان جزءًا رئيسيًا من مخمل الدماغ.



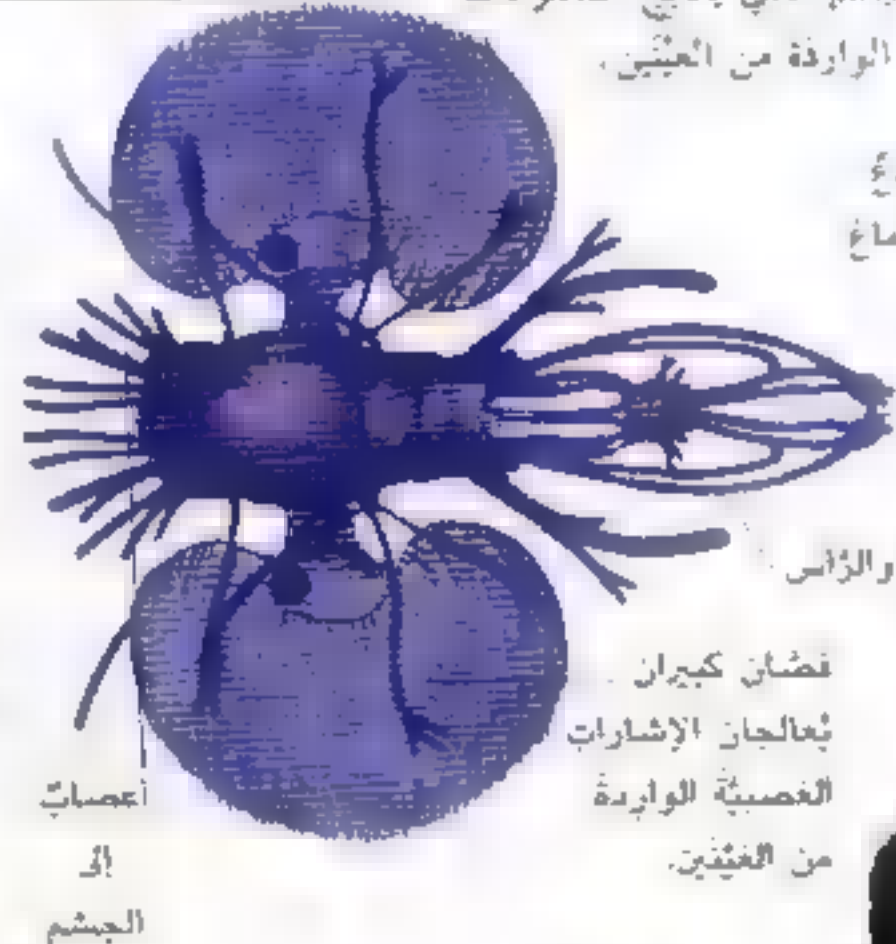
## خلايا الدماغ

خلايا الدماغ يمكن أن تشابك مع أكثر من ٢٠٠,٠٠٠ خلية مجاورة. وإشارات الخلايا المجاورة إنّما أن تتخلل مجموعة من الخلايا ترسل رسالة معينة (كأمر بلع الطعام مثلاً)، أو تمنعها من القيام بذلك (كأخذ نفس أثناء البلع).



## الغريزة والتعلّم

خير العرائش الكبر الذكور (كلاميديا نوكانيس) يتي تعريشة رائعة من العيدان ويؤنّسها بأشياء زاهية لا يجذب القرينة. وهو يقوم بهذا العمل المتقدّم غريزيًا، دون حاجة إلى تعلّم. فالغريزة نمط من السلوك الطبيعي الوراثي لا يتعلّم.



## دماغ الأخطبوط

دماغ الأخطبوط من أكبر الأدمغة بين جميع اللافقاريات. ونمط بنيته يختلف تمامًا عن أدمغة الفقاريات باحتوائه عدّة فصوص مترابطة. والأخطبوطات حادّة البصر، والقسم الأكبر من دماغها يعالج الإشارات الواردة من العينين. ولقد أثبتت الاختبارات أنّ الأخطبوطات حيوانات ذكيّة، إذ تتدبّر أمر الوصول إلى الطعام، حتّى ولو تطلّب ذلك تزعج السداد من قنبلة غاطسة.



## إيفان بافلوف

اشتهر الفسيولوجي الروسي بافلوف (١٨٤٩-١٩٣٦) بدراساته في المنعكسات. وكان عارفاً أنّ المنعكسات (ردود الفعل الثلقائية) متأصلة لدى كل الحيوانات. لكنّه اكتشف أنّ منعكسات جديدة يمكن تعلّمها بالإشراف. فقد علّم الكلاب أن تتوقّع الطعام بعد سماع جرس معين. وبعد فترة التدريب صارت الكلاب تروّل استجابة لسماع الجرس حتّى بغياب الطعام.

## لمزيد من المعلومات انظر

- الرخويات ص ٣٢٤
- اليرمانيات ص ٣٢٨
- الطيور ص ٣٣٢
- الخواص ص ٣٥٨
- الأغصان ص ٣٦٠

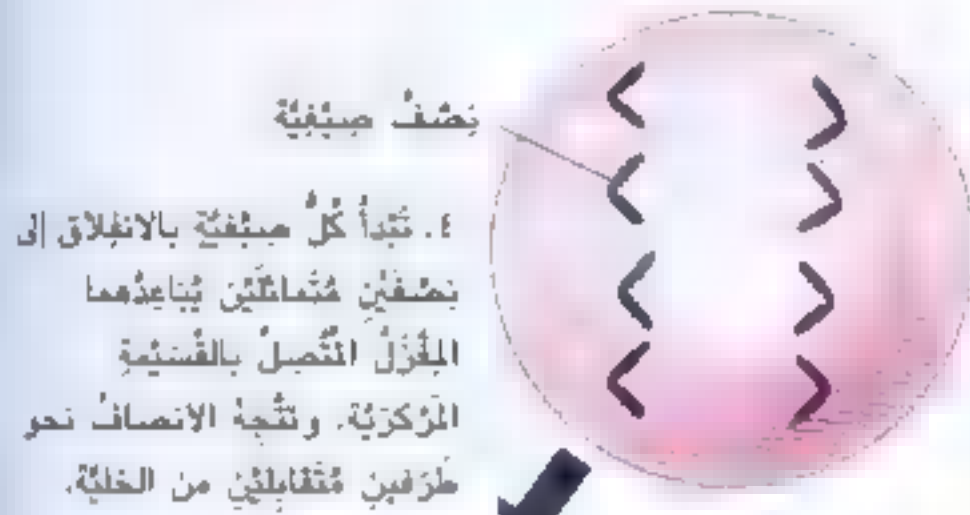
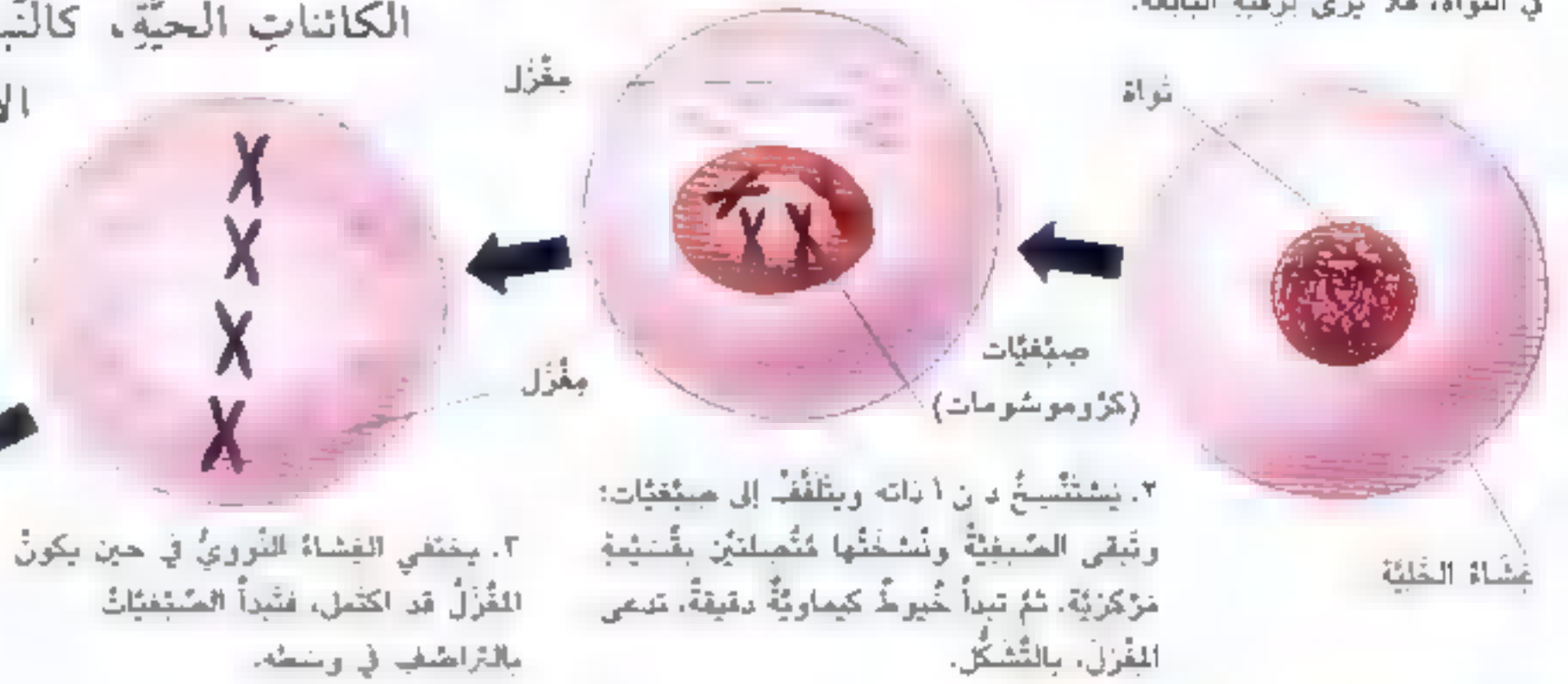


# النمو والتطور

الكائنات الحية في معظمها تنمو وتكبر مع تقدم العمر. ولا يحدث ذلك بتضخم الخلايا، بل بتكاثرها. فعندما تبلغ الخلية حجماً معيناً، تستنسخ ذاتها لتنتج خليتين جديدتين تشطران بدورهما لاحقاً - وهكذا تتراكم الخلايا وتنمو الكائن أو الكائنات؛ ويُعرف هذا بالانقسام الخلوي. بعض الكائنات الحية، كالنبات، لا يتوقف عن النمو طوال حياته بمثل هذا

١. في معظم الأوقات، خلال الفترات ما بين الانقسامات الخلوية، يُنشئ ما في الخلية من د ن ا (الحامض النووي الريبي المنقوص الأكسجين) في النواة، فلا يرى لبرقته البالغة.

الانقسام. لكن في معظم الحيوانات بما فيها الإنسان، تنقسم الخلايا ببطء أكثر متى اتخذ الجسم البالغ شكله النهائي.



## الانقسام الخلوي

قبل انقسام الخلية، ينبغي أن تضاعف الخلية صبغياتها (البنية الخيطية حاملة د ن ا). ثم تباعد الصبغيات المضاعفة مكونة نواتين جديدتين - ويُعرف هذا بالانقسام الفتيلي. عند اكتمال انقسام النواة تنقسم الخلية إلى خليتين متماثلتين تماماً؛ ويحدث هذا النوع من الانقسام للتنامي. وهناك انقسام من نوع آخر، يدعى المنصف أو الاختزالي، يسبق التكاثر الجنسي، ولا ينتج خلايا متماثلة تماماً.



## الانقسام آخذ مجراه

في هذه الطبقة الرقيقة من جذر نضلة، يُحيط بكل خلية جدار خلوي. والصبغيات في الخلايا الجاري انقسامها ظاهرة بوضوح. أما في الخلايا الأخرى، فالصبغيات مُتشرة في النواة. خلايا الثبات والحيوان تنقسم بطريقة متماثلة، إلا أن خلايا النبات ينبغي لها تخليق جدار خلوي من السليولوز بعد تكونها.

## النمو في الشجر

تنمو الشجرة بطريقتين مختلفتين متكاملتين. فتتقسم الخلايا في أطراف الأغصان والجذور ليزيد طولاً. وفي الوقت نفسه، تنقسم خلايا الكامبيوم (الخلايا تحت اللحاء) فتزيد نخلة الجذع والأغصان.

## البادرات

النمو يتطلب طاقة كبيرة. والبادرة يمكنها التمثاء السريع لاحتوائها مخزوناً غذائياً في نسيج بروري يدعى الشوئد. كما تحوي أوراق البذرة (القلقة أو الفلقان) أحياناً مخزوناً غذائياً إضافياً. تنفتح الفلقات في الكثير من البادرات بسرعة لإتاحة المجال للتخليق الضوئي.

مخزون البذرة من الغذاء يُوفّر لها طاقة للإنبات.



تتكون خلايا النمو ببطء في الربيع وبطء صيفاً وانعدام شتاءً.



مع تمام الشتلة، تسقط أغصانها السفلية تاركة الجذع عارياً. وتزداد نخلة الجذع لكنه لا يمتد مسجداً. وهكذا يظل النشب في مكان عُصي قديم على الإرتفاع ذاته.

## الدورة الخلوية

ينقسم الكثير من خلايا جسمك تبعاً لجداول زمنية ثابتة. فالخلية في بطانة الوجنتين، مثلاً، تنقسم مرة كل ٢٤ ساعة تقريباً. وليست الخلايا كلها سريعة الانقسام بهذا الشكل؛ ففي بعض الخلايا يتوقف الانقسام خلال فترة زمنية طويلة. أما في الخلايا العصبية، فيتوقف الانقسام تماماً بعد تكوين الخلايا في الجنين في الرحم.



دورة الانقسام في خلية وُجينية بطانية.



## النمو والتطور

لا تنقسم خلايا الجسم كلها بالسرعة نفسها. فخلال نموك تزداد سرعة انقسام الكثير من خلايا جسدك، وخاصة في ذراعيك ورجليك، أكثر منها في رأسك. ونتيجة لذلك، يتغير شكل وحجم تراكيب جسمك، ويُعرف هذا بالتطور. والنمو والتطور كلاهما تحكمهما الهرمونات - وهي مراسيل كيميائية ينقلها الدم إلى مختلف أجزاء الجسم. بعض هذه الهرمونات ينشئ هيئة النمو في جسدك بدءاً من عمر ١٢ إلى ١٣ سنة، ثم يوقفه تماماً حوالي الـ ٢١ من العمر.

النمو التطوري البشري



في الطفولة الحديثة الولادة، الرأس كبير جداً والذراعان والرجلان قصيرتان.	في عامه الثاني، تتكون ذراعاه الطفل ورجلاه قد نما كثر. والرجلان الآن تقويان على المشي.	في الخامسة من العمر تتكون عضلات الذراعين والرجلين قد قويت كثيراً، ويحفظ الطفل الآن المشي أو الركض.	في العاشرة، الأطراف الآن أطول، وقد تعلم الطفل القيام بالحركات المحكمة الضبط كالكتابة والقفز الكرة.	في الثالثة عشرة، التغيرات الجارية كثيرة في الجسم. وهو ينمو بسرعة نهائياً لمرحلة البلوغ.	يكتمل النمو غالباً في سن العشرين؛ فيؤلف الرأس الآن جزءاً أصغر من الجسم. ويُعتبر بزوغ أضرار العقل (النواجد) أحد معالم انتهاء مرحلة النمو.
---	---	--	--	---	--

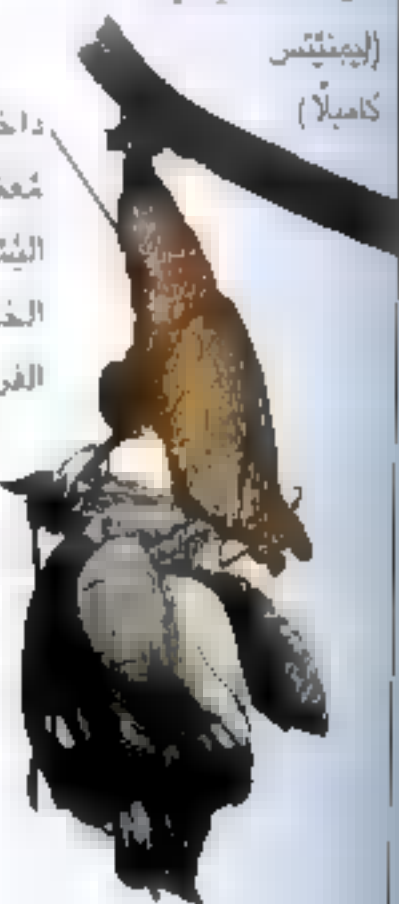
### التحول الناقص

يتغير شكل البق تدريجياً أثناء النمو. فهي تتفك عديمة الاجنحة والاعضاء التناسلية. وخلال مراحل النمو نسلخ (أي تقرح قشرتها)، ويتغير جسمها قليلاً بعد كل انسلخ حتى مرحلة البلوغ. بعد الانسلخ الخامس. ويدعى هذا التحول البشري في شكل الجسم التحول الناقص. والتحول في النصارصير والجنادوب والجراد هو من هذا القبيل.



بقّة الزرق في المراحل الثانية والخامسة والتمام من التحول الناقص.

داخل الشرنقة، تتحلل معظم خلايا الحادة البشرية، وتكون الخلايا الجديدة الفراشة الكاملة.



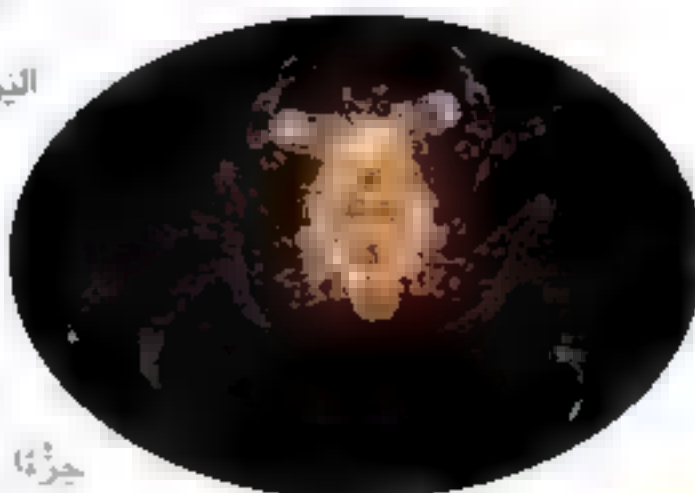
البرصوغ مزوّدة بفكّين قويين، اما الفراشة فاجزاء فيها أنبوبية وتتناول غذاءها امتصاصاً فقط.

### الانطلاق في الجوّ

يتحول الشكل هذا، بتغير النمط الحيواني لمجوان نفسه، فبغير نوع مأكله وتختلف طرائق تحركه. فالبرصوغ البرقاني يقتني بأوراق النباتات وبفضي كل وقت راحته فوقها. لكنه بعد التحول يغدو فراشة تغذي بالترحيب وتستطيع الطيران بعيداً بحثاً عن نباتات اغذاء جديدة تضع عليها بيوضها لاحقاً إن كانت أنثى.



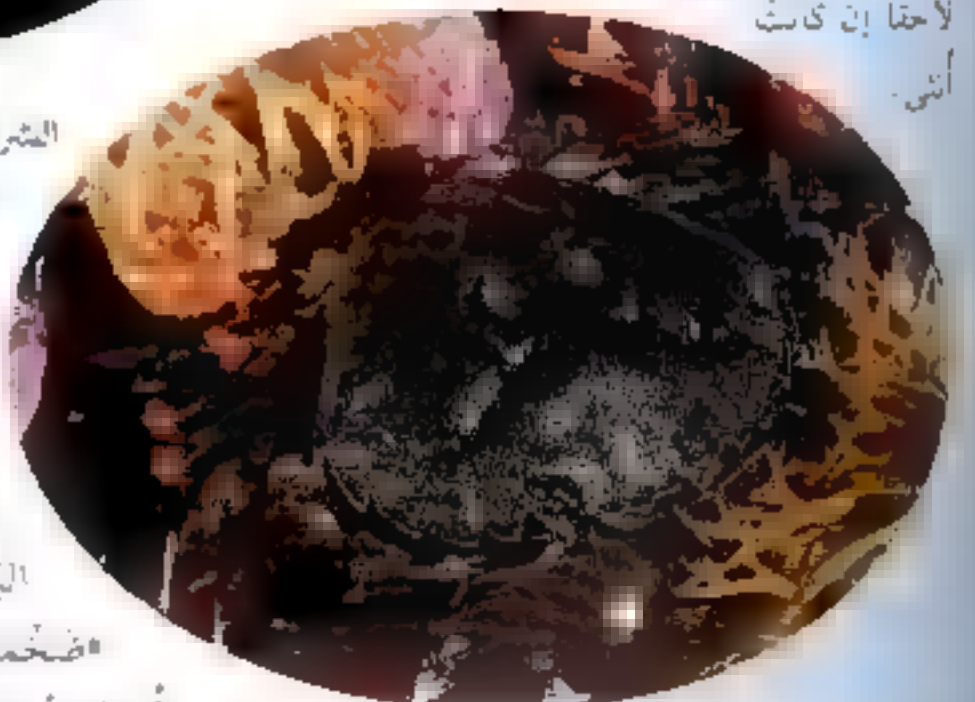
اليرقانة الشطعونية التالية الضخمة العنكبوتية ذات أرجل مكتملة النمو، قصر فيها الذيل وتلاشى الفتوة الشوكي. وهي تقضي جزءاً من حياتها في قاع البحر.



الشرطان البالغ ذو ذيل قصير مطوّى تحت جسمه. ازجّله قويّة جداً لكثرة سباحة شعوره الرشاقة، وهذا الشرطان (كارسينوسر ميناسو) شاططي.

### التحول الكامل

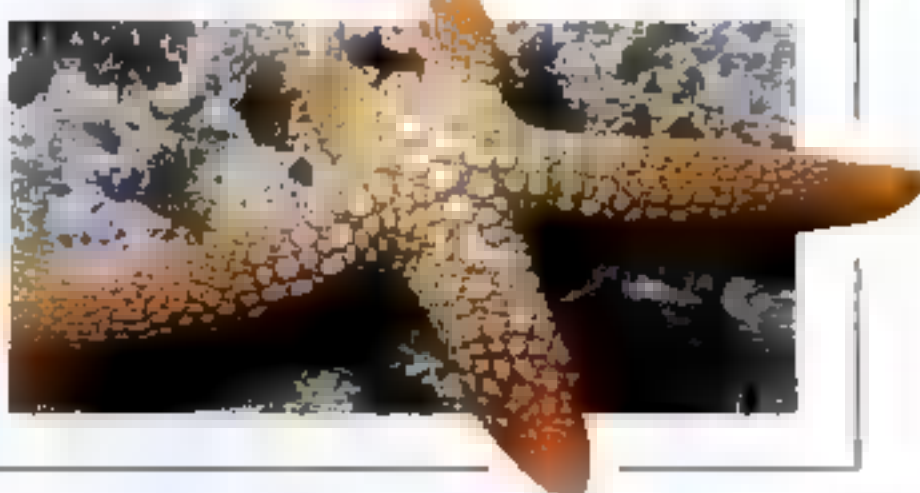
في التحول الكامل يخضع شكل الصغار عن البالغين جذرياً. فالشرطان يبدأ حياته كيرقانة بدائية دقيقة، تغزو مسطحة لماء البحر. وبعد انسلخ قشرة الجسم عدة مرات، يتحول إلى يرقانة ضخمة العنكبوتية تستطيع المشي والسباحة. وأخيراً تخرج ضخمة العنكبوت (ميجانوبيا) قشرتها وتغزو شرطاناً صغيراً.



### إنماء الأجزاء المفقودة

إذا خرجت تبدأ خلايا جلدك بالانقسام حتى يتشكل الجرح. هذا النوع من الإنماء يدعى تجديد أو تجددًا. أجسامنا تستطيع تجديد الجلد والعظم فقط، لكن بعض الحيوانات تستطيع تجديد أجزاء بأكملها. كالأرجل أو الذيل، إذا ما فقدت.

يستطيع نجم البحر إنماء رجل جديدة إذا انقصمت إحداها.



#### لمزيد من المعلومات انظر

- النباتات الزهرية ص ٣١٨
- المفصليات ص ٣٢٢
- نجم البحر والرقبات ص ٣٢٥
- الخلايا ص ٣٣٨
- البيئة الباطنية (في الأحياء) ص ٣٥٠
- الوراثيات (علم الوراثة) ص ٣٦٤

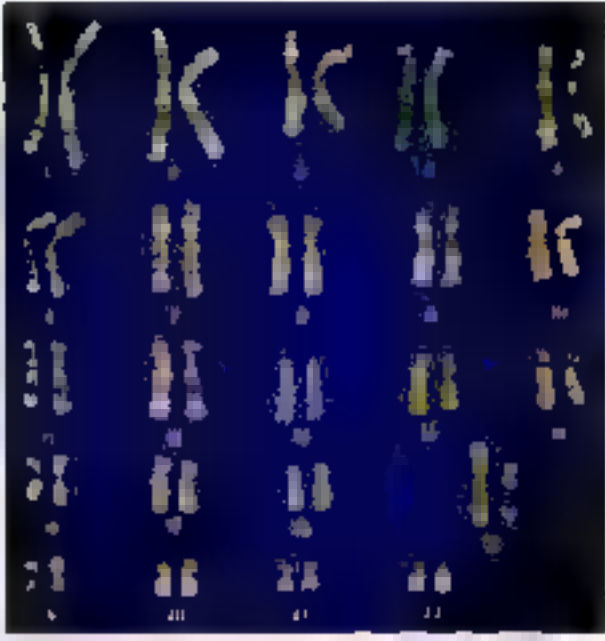


# الوراثيات (علم الوراثة)

كُلُّ شَكْلٍ من أشكال الحياة، من الفيل إلى الطحلبية، مؤلَّف ومُحكَّم بـ «بوصفة» كيميائية، تتخذ شكل رَامُوزٍ كيميائي لا تدويني. هذا الرَامُوزُ تحتويه الجزيئات اللولبية للحامض النوويّ الربيعي المنقوص الأكسجين (د ن أ)، المُحتشدة داخل الخلايا في جميع الكائنات الحية. وهذا الراموز الكيميائي مُعَقَّدٌ جدًّا، فهو يَشمَلُ في الخلية البشريّة الواحدة من ٥٠,٠٠٠ إلى ١٠٠,٠٠٠ تعليمية مُتَفَصِّلة، تُدعى جينات، كُلٌّ منها تحكِّمُ صِفَةً مُخْتَلَفَةً. الِوراثيات عِلْمٌ يَبْحَثُ في سُبُل انتقال الصفات الِوراثية من جيل إلى جيل.

كُلُّ خلية جنسية، ذكورية أو أنثوية، تحوي مجموعةً مفردة من جزيئات د ن أ - أي إنها تحوي نصف ما تحويه الخلية العادية من الصبغيات.

الخلية المنخصبة (اللاقحة) تحوي مجموعة مزدوجة من جزيئات د ن أ - أي إنها تحوي المجموعة المزدوجة العادية من الصبغيات.



## الصبغيات البشرية

تبيّن هذه الصورة الصبغيات الـ ٤٦ كُلهَا الموجودة في خلية بشرية واحدة. لقد جرّث مُعالِجَةُ الصبغيات بصيغ خاصّة ورُكِّبَتْ أزواجًا. (لاحظ صبغتي إكس و واي في أسفل اليمين من الصورة). لكل نوع من أنواع النبات والحيوان غذاءٌ صِبْغِيٌّ مُميّزٌ - بعضها يحوي أقل من عشرة صبغيات بينما تحوي أخرى ما يزيد على الألف.

الد ن أ مفكوك أثناء نسخ الراموز.

بروتين فيد النجمي

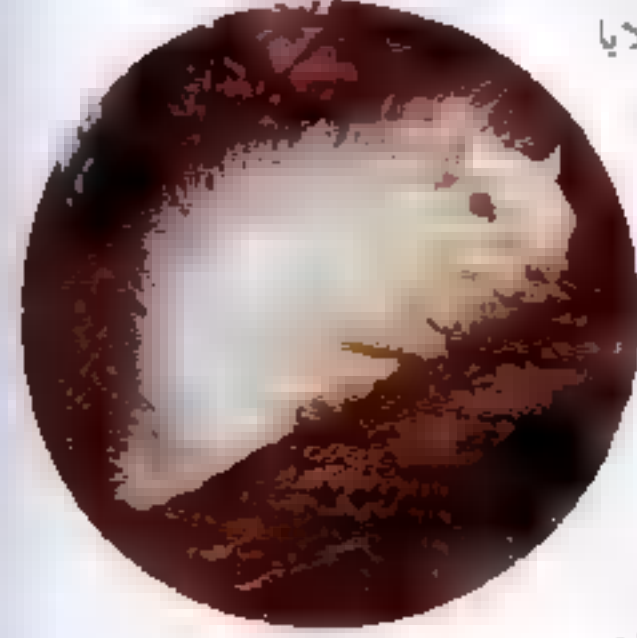
## الاختلافات الطبيعية

هذه البُتات الزهرية قد تبدو مُشابهة، لكنَّ كُلَّ بُتة فيها ذات د ن أ فريد خاص بها، لأنها تكوّنت بالتركيب الجيني. وهذا يَكسيها مجموعة من المُميّزات. فقد تكون أغرز إزهارًا من جواهر، أو لها سُخْرٌ طاقَة أكثر لانماء الجذور. هذه الاختلافات الطفيفة مهمّة جدًّا، لأنها تُعني أنّ النوع يتطوّر (يتغيّر مع الزمن). فتنظر تغيّرات الد ن أ الأكثر نجاحًا ستُصبح جيناتها الأكثر شيوعًا مع تعاقب الأجيال.

## الظفرات

جزيء د ن أ طويل جدًّا وكثيرًا ما يتعرّض للتلف. وفي العادة، يُصلَح هذا التلف تلقائيًا. أمّا إذا كان التلف شاملاً، فإنّه يُؤدّي إلى تخليق قطعة جديدة دائمة من الراموز الوراثي تُدعى ظفرة. والظفرات التي تُخلَق في الخلايا الجسدية قليلة الأثر؛ أمّا التي تُخلَق في

الأمشاج (الأعراس أو الخلايا الجنسية) فيمكن انتقالها من جيل إلى آخر، مُخلِّقة صفات جديدة في الكائنات الحية.



المهوّ (الحشيشة) ظفرة مألوفة في الحيوانات والنباتات. هذا سنجاب أبيض من السنجاب الطفر.

تتراكب القواعد أزواجًا.

يُؤدّي الراموز إلى الخلية بتجميع البروتينات.

يتخذ جزيء د ن أ شكل لولب مزدوج تتراكب بكيماويات تُدعى قواعد. يوجد منها أربعة ضروب. إنّ تسلسل هذه القواعد يُؤلّف الراموز الِوراثي للخلية.

الد ن أ في المصبغة مُلتفّ حول ذاته، ويُلفّ أيضًا كيميائيات أخرى.

كُلُّ جزيء من د ن أ يُؤلّف بنية خيطية الشكل تُسمى صبغية. وهناك سُخْران من كُلِّ صبغية - واحدة من الأب وواحدة من الأم.

## الصبغيات والجينات و د ن أ

نواة الخلية تحوي قطعًا مُتعددة من د ن أ، كُلُّ واحدة منها تُدعى صبغية أو صبغية. والجينة تُطوّر واحد من الصبغية فيه التعليمات الواقيّة لتصنيع بروتين واحد. يقوم د ن أ بتوجيه التعليمات إلى الخلية لتصنيع البروتينات المُتعددة المُختلفة التي يُتَظَنُّها عملُ الخلية. ولتحقيق ذلك، "يتفجّع زمام" جزء من لولب د ن أ مؤقتًا، ليُمكن استنساخ رَامُوزِهِ. وتنتقل النسخة إلى خارج النواة حيث تُوجّه الخلية لتصنيع البروتين المُعيّن، الذي قد يكون أنزيمًا أو كُولاجينًا (بروتينًا جلدًا) مثلاً.

إزهار المانوج (انتيس كيا)

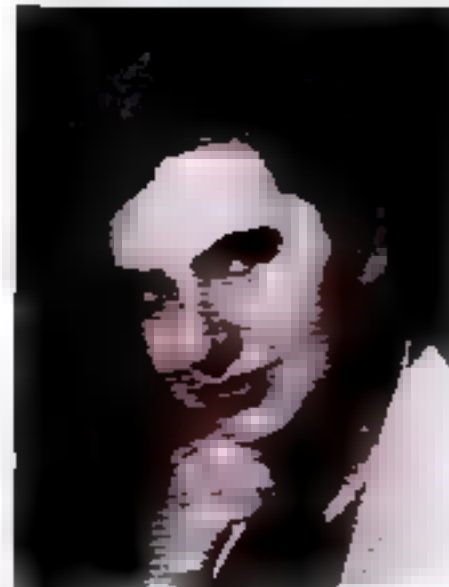


## الجينات والناس

إذا لم تكن نواة طيغا، فانت فريد في تركيبتك من الجينات التي تحكّم الصفات الِوراثية في جسمك، والتي لا يُمكن أن تُغيّر. أحيانًا الجينة الواحدة تحكّم صفة ظاهرة، كلون العين مثلاً. لكنّ الغالب أنّ تسهم عدّة جينات في ذلك. إنّ الكثير من الصفات الموروثة تتبدّل تبعًا لأسلوب ونمط الحياة. فقولك مثلاً: يعتمد على نوعيّة غذائك كما يعتمد على جيناتك أصلًا.

## رُوزَالِنْد فَرَانكَلِين

تمّ التقدّم الحاسم في دراسة بنية د ن أ، عام ١٩٥٣، على يد الفيزيائي الحيوي البريطاني، فرنسيس كريك (المولود عام ١٩١٦) وعالم الِوراثيات الأمريكي، جيمس واتسون (المولود عام ١٩٢٨). فقد توصّلا إلى استنتاج أنّ د ن أ ذو بنية لولبية مزدوجة بعد دراسة صور بالأشعة السينية التي التقطتها عالمة البلورات البريطانية رُوزَالِنْد فَرَانكَلِين (١٩٢٠-١٩٥٨)، أثناء دراستها لبلورات د ن أ بأشعة إكس. وقد نال كريك وواتسون بالاشتراك مع موريس ويلكينز (المولود عام ١٩١٦) جائزة نوبل للفسيولوجية (أو الطب) عام ١٩٦٢. لكنّ فَرَانكَلِين وإفادها الأجل قبل أن يُقدّر فضلها حقّ قدره.





الْإِنْتِصَافُ (الْإِنْقِسَامُ الْمُنْصَفُ)

الانقسام نوع خاص من الانقسام الخلوي ينتج  
أشجاراً (خلايا جنسية). وفيه تقسم الخلية  
مرتين لينتج أربع خلايا جديدة فردية  
انصبغيات، أي إن الواحدة منها تحوي نصف  
كمية DNA الموجودة في الخلية الأصلية. كما  
إن كلاً من صبغياتها جديدة فريدة النمط لأن  
صبغيات الخلية الأصلية تتبادل قطعاً فيما بينها  
قبل الانقسام مباشرة. وبخلاف الانقسام القليلي  
(الانقسام الخلوي العادي) فإن الانقسام  
النصف ينتج خلايا ذات تعليمات وراثية  
جديدة. ويدعى المَشِيخُ الأَنْتَوِي عادةً البَوَيْضَةُ  
(أو البُيضة)، والمَشِيخُ الذَكَرِيُّ النُطْفَةُ.

## چریجور منڈل

مَنْدِيل (۱۸۸۴-۱۸۲۲)

راجع بنسائوي وعالم  
 نبات اكتشف كيفية انتقال  
 الصفات بالوراثة. فقد  
 أجرى بضمير آلاف  
 التجارب على نبات  
 البسلي، بإخطاب أصول  
 معينة نهجيتا ودراسة النتائج  
 الحاصلة. فوجد أن الوراثة لا  
 تحدث بمزج الصفات معا، كما كان يعتقد في  
 حينه، بل إنها تثقل بالوراثة أزواجاً. ومن كل زوج  
 تكون إحدى الصفات فقط هي السائدة. لقد وضع  
 مبدأ القوانين الأساسية في الوراثة عام ١٨٦٦.  
 لكنها لم تُشر في حينه ولم يُعِد العلماء  
 اكتشافها حتى أوائل القرن العشرين.



## كَيْفَ تَنْتَقِلُ الصِّفَاتُ بِالْوَرَاثَةِ

الخلايا في معظمها مزدوجة الصبغيات - مجموعة من النوالد وأخرى من الوالدة، فهي ثنائية الصبغيات أيضا. في العادة، بين الزوج من الجنين، هناك جنّة سائدة - تُعجب تأثير شريكها الصاغرة (المستخنة). وتلاحظ في الشكل المرفق كيفية تحكم (زوج) من الجنين في أنوار أزهار البسلى. فالجنّة السائدة (الموسومة ح) تجعل الأزهار حمراء والجنّة الصاغرة (الموسومة ج) تجعل الأزهار بيضاء - علما أن تأثيرات الجنّة ح تُغلب، ما لم يتواجد الثنتان منها (ح-ج).

كُلُّ نَبْتَةٍ مِنَ الشَّجَرِ تَتَلَقَّى حَبِيَّةً  
وَاحِدَةً، تَخْطُلُ بِلَوْنِ الزَّهْرَةِ، مِنْ  
كُلِّ مِنَ الْوَالِدَيْنِ، فِي الْجِبَلِ  
الْأَوَّلِ، هُنَاكَ جَمِيعَةٌ وَاحِدَةٌ مُمَكِّنَةٌ  
فَقَطْ مِنَ الْحَبَاتِ هِيَ ح - ح

في الجيل الثاني  
هناك أربع جزيئات  
مكونة من الجينات  
هي: ح ح ح ح  
ح ح ح ح

الخلية الذكرية الأصلية مزدوجة  
مجموعة الصبغيات.

الخليَّةُ الانتويَّةُ الأصليَّةُ مُزدوجةُ  
مجموعةُ الصفَّاتِ أيضًا.

تتقسم الخلية الأنثوية انقسامًا  
فنتيجه أربع خلايا جنسية أنثوية  
(تدعى البويضات) في كل منها  
مجموعةً فردانية من  
الصِّغَات الفردية.

تَنْقَسِمُ الْخَلِيَّةُ الذَّكْرِيَّةُ  
اِبْتِصَافًا غَنَّتِيْ اَرْبَع  
خَلَايَا جِنْسِيَّةٍ ذَكَرِيَّةٍ  
(تُدْعَى النُّطَافُ)؛ فِي كُلِّ  
مِنْهَا مَجْمُوعَةٌ فَرْدَانِيَّةٌ  
مِّنَ الصُّبُغِيَّاتِ  
الْفَرِيدَةِ.

في الإخصاب. يتخذ مشيج ذكرى  
بمشيج أنثوي لينتجا خلية مخصبة ذات  
مجموعة مزدوجة من الصنفيات محددا.

الخليئة الخصية تحوي نسخة  
جينية (وراثية) غريدة تنقسم  
انقساماً متبايناً لإنتاج مئض  
جديد. وكل والد من المئض  
الجديد هو نسخة عن والد  
في النوتة والخطة.

الخلية الكبيرة  
فقط يُعكّر  
أخصائها.

القطعة الزنجبيلية اللون دُكُوْر (س من أو إكس واي)  
في الغالب. فحينئذ اللون الزنجبيلي تحيلها صبغية س:  
لكنها كثيرا ما تُخفى بوجود صبغتي س آخر،  
كما في الأنتس (س س).

أحدى المُتَتَبِئِ الأُم تحرِي جِيئَتِي  
سَانِدَتِي (ح ح)، لَذا فَاِزْهَأْهَا حَمْرَاءَ،  
وَالثَّبَتَةُ الأُم الأُخْرَى تُحْوِي جِيئَتِي  
صَاغِرَتِي (ح ح) وَازْهَأْهَا بِيضَاءَ،  
ح ح  
فِي العَادَةِ، يَظْهَرُ  
تَأثِيرُ الجِيئَاتِ  
الصَّاعِرَةِ فَقَطْ إِذَا  
تَوَاخَدَ اثْنَانِ مِنْهَا.

**فَرْدَانِي وَضِعْفَانِي**  
 الخليَّة ذات المجموعة المُزدوجة من  
 الضِعْفِيَّات تُدعى ضِعْفَانِيَّة أو مُزدوجة  
 الضِعْفِيَّات ؛ والخلايا الجَسَدِيَّة هي عادةً  
 ضِعْفَانِيَّة . أمَّا الخليَّة الجَسِيَّة فهي فَرْدَانِيَّة  
 تحوي مجموعة مُفرَّدة من الضِعْفِيَّات أي  
 يُضَف عدد الضِعْفِيَّات في الخليَّة  
 الجَسَدِيَّة . وبتحاد خليَّة جَسِيَّة ذَكَرِيَّة مع  
 أُخْرَى أنثَوِيَّة يُنتِج المَشْجَان خليَّة  
 ضِعْفَانِيَّة يُمكنها التَّماء إلى مُنْعَصِف جديد .

الْقَطْعُ السُّلْحَانِيَّةُ الْوُورُ (الْمَنْعَةُ بِالْبَثْمِ  
وَالْأَصْفَرِ) إِنَّا دَانَتْهُ لَأَنْ هَذَا الْوُورُ  
لَا يُمَكِّنُ إِنْتَاخَهُ إِلَّا  
بِوَأَسْطَةِ صَبْغِي مَرَّةً  
وَالْإِنَّا قَطْعُ تَحْمِلُ  
مَجْمُوعَةٌ مَرَّةً

## الجينات والجنس

في الإنسان والقط وكثير من الحيوانات الأخرى. هنالك صيغتان مختلفتا الشكل يُحدَدان جنس الفرد، هما صيغتا س و ص (أخس و واي). فقد يحوي الحيوان صيغتي س فيكون أنثى، أو قد يحوي صيغتي س و ص فيكون ذكراً. لكن لا يمكنه أن يحوي صيغتي ص، لأنه يتلقى دائماً صيغتي س من والدته. وبالإضافة إلى الجنس، فهذان الصيغتان يُحدَدان أيضاً بعض الصفات الأخرى. ففي القط مثلاً يرتبط لون الفرو بالجنس، كما يرتبط غنى الألوان بالجنس في البشر.

أَنَّهُ هَؤُلَاءِ الْجِيلُ الْأَوَّلُ مِنَ النَّسْلِ حَمَاءُ الْوَن، وَمَعَ  
أَنْ كَلَّا مِنْهَا يَحْوِي جِنَّةً صَاغِرَةً لِلْوَن الْأَبْيَضِ،  
فَإِنَّ تَأَثَّرَهَا مُخْتَلِفٌ بِالْحِمَةِ السَّادَةِ.

لزيادة من المعلومات انظر

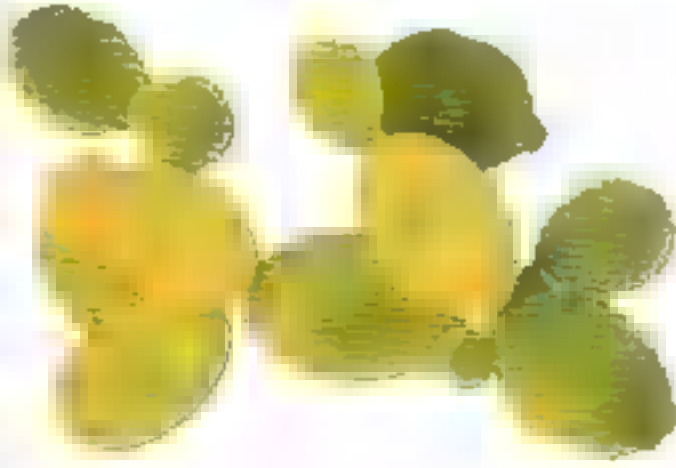
آيَةُ النَّظُورِ ص ٣٠٩  
الْخَلَايا ص ٣٣٨  
النَّمُوُّ وَالنَّظُورُ ص ٣٦٢  
النَّاسِلُ الْجَنَسِيُّ ص ٣٦٧  
النَّاسِلُ النَّسَبِيُّ ص ٣٦٨

إِنْ رُبِعَ الثُّبَاتُ  
يَحْوِي جِئْتَيْنِ  
صَاغِرَتَيْنِ {حـ}  
{حـ}، لَذَا فَإِنَّ  
أَرْهَازَ هَذِهِ الثُّبَاتِ  
نَقَطَ بِضَاءً.

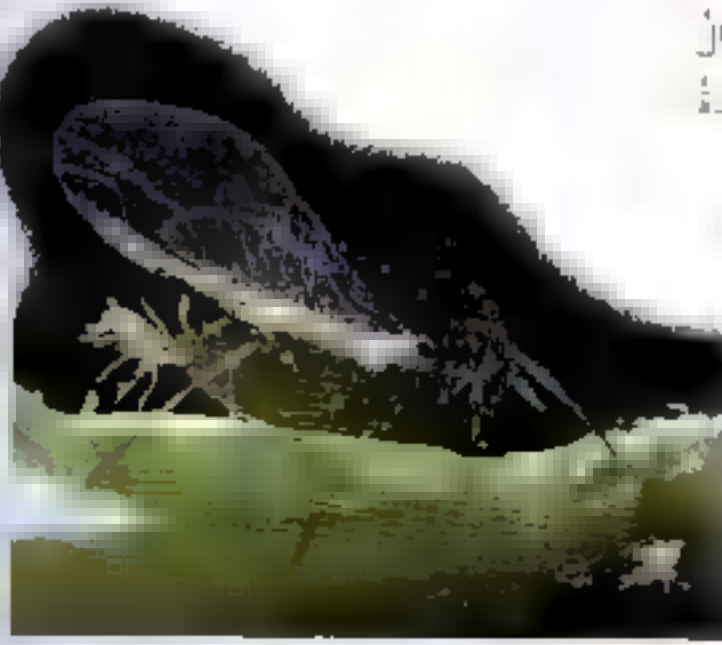


# التكاثر اللاجنسي

التكاثر، الجنسي أو اللاجنسي، من خصائص الكائنات الحية جميعها. والكائنات الحية، على العموم، تتكاثر بطريقتين مختلفتين تمامًا، نعالج فيما يلي التكاثر اللاجنسي منهما. التكاثر اللاجنسي يتم فرديًا (وليس بمشيجين من ذكر وأنثى)، بانفصال جزء برعمي أو شطري من الوالد ليصبح فردًا جديدًا. وهكذا، فالتكاثر اللاجنسي بسيط وسريع، لكنه في ظروف معينة ينطوي على مضرّة. فالنسل في هذه الحال يقاسم الوالد المادة الوراثية نفسها - بحساباتها وسيناتها. فإذا كان الوالد يشكو من علة، كقلة المناعة ضد المرض مثلاً، فإن نسله لن يخلو من تلك العلة.



مرحلة (يوليب) مدارية صغيرة لا تزال ملتصقة بالهيدرا الأم. المرحلة الجديدة تنفصل في النهاية لتعيش مستقلة. والقادرة المبتنة هنا هي من نوع الهيدرا الشائعة.



## توالد في خط إنتاجي

في الربيع والخريف كثيراً ما تكون إناث الأرق محاطة بعشرات من الصغار - إذ إنها تلج صغاراً بالنسل العذري (بدون تزاوج)، والصغار بدورها تتكاثر بسرعة فائقة. وهذا يعني بواحد فبص من الأرق موجود وفرة من الغذاء. ومع تصاؤل مورد الغذاء لاحقاً، تأخذ الصغار بالنسل حسب.



## اقتبال النباتات

الزراعون لا يزعمون الموز بوزاً - بل يعمد الزرايح إلى اقتبال العسلج الجديدة ويعرضها. وفي مثل هذا التكثير الخضري، تحمل النباتات الصفات الوراثية نفسها. فإذا أصاب إحداها مرض، فقد يصيب الآخر أيضاً. وانعدام التنوع هذا هو مشكلة أساسية في التكاثر اللاجنسي.



بصلة برعم وبصلة وليدة

## النسائل

في العادة، يتناسل شقيق البخر جنسياً بإطلاق البويضات في الماء. لكنه يستطيع التكاثر أيضاً باقتطاع أجزاء من جسمه أو بالانفلاق بمقدار أني شقوق. وبعض أنواعه ترتجى على هذا النمط من التكاثر، وتنشر فوق الصخور، مكررة مجموعة من الحيوانات الحية تماماً والمتطابقة الجينات. ومثل هذه المجموعات تسمى سائل (ح. نسيلة).



الحيوانان الجديدان طليقان جنسياً للوالد - شقيق البخر الأصلي.



يُعدّ شقيق البخر نفسه تدريجياً بينما يرزح الشطران باتجاهين مختلفين.

## الانتشار بالأرآد (الشوق المذادة)

يتكاثر العديد من النباتات بطريقتين مختلفتين في الوقت نفسه. فالحرير (توت الأرض) مثلاً يحمل أرهاذاً تنتج بوزرها بالتكاثر الجنسي. كما إنها تُمَدُّ شوقاً أقبّة تدعى (ح. رند) تكون نباتات جديدة بالتكاثر اللاجنسي. فكل ساق زاحفة تثبت عُصيات عكسة تتخذ تدريجياً لتصبح نباتات جديدة. فإذا تركت مشكّة من توت الأرض وشائها، فسرعان ما تغطي شتلات الفريز (الفراولة) قطعة الأرض بكاملها.



نبقة عكيس (علو الشاق المذادة)

## لمزيد من المعلومات انظر

المنغصبات الوجيدة الخلية ص ٣١٤  
النمو والتطور ص ٣٦٢  
حقائق ومعلومات ص ٤٢٢



# التناسل الجنسي

عطاسان مؤنجان  
(يوديسيس كريسثاتوس)



## اجتذاب القرين والتزاوج

قبل التزاوج، تقوم الفطاسات المتوجة بسلسلة من رقصات التودد المعقدة لاجتذاب القرين، وهذا النوع من السلوك شائع بين العديد من الحيوانات، فهو يساعد كلا الشريكين على التألف وضمان اختيار القرين السليم، قبل التزاوج.

تزاوج بين أفقواني جنال  
كاليفورنيا الملكيت  
(الافيدوبلس زوناتا)

في التناسل الجنسي هناك دائما والدان ينتج كل منهما أمشاجا (خلايا جنسية) بها نصف العدد من الصبغيات بالانقسام المنصف. ويصبح العدد كاملا عندما يتحد الماشيج الذكري (النطفة) بالمشيج الأنثوي (البويضة) لتكوين اللاقحة (الزيجوت) - في ما يُعرف بالإخصاب. ومن اللاقحة (الخلية المخصبة) ينمو متعض جديد كامل. التناسل الجنسي أكثر تعقيدا من التكاثر اللاجنسي، لكنه يتميز بأفضلية مهمة. فالوليد المنتج جنسياً فريد في خصائصه بدل أن يكون مثيلاً طبقاً لأحد الوالدين. فأفراد هذا النسل ذوو جميعات فريدة من الجينات تحمل مزيجات كاملة جديدة من الصفات الوراثية. وهذا يعني أن بعضاً منها قد يكون أكثر ملاءمة للبيئة وأفضل تهيئاً لصراع البقاء.

## الإخصاب الخارجي

في بعض الحيوانات، يتم اتحاد البويضات بالانطاف خارج جسم الأنثى، لكن لا بد من اجتماع القرين. فابو شوكة الذكر (جاسنوسيتوس اكولييس) بعد عشا تضع فيه الأنثى بويضها. ثم يضيف الذكر نطافه إليها. إن معظم الحيوانات ذات الإخصاب الخارجي تنتج قبضاً من البويضات لضمان أن يتم إخصاب عدد وافر منها.



## الإخصاب الداخلي

يتم التناسل الجنسي بتلاقي الخلايا الجنسية الذكرية والأنثوية واتحادها، ويحصل ذلك بالتزاوج في بعض أنواع الحيوانات. يجري الإخصاب داخلياً في الأفاعي وكثير من الحيوانات البرية الأخرى. فعندما يتزاوج أنثوان، يحقق الذكر نطفته داخل الأنثى بحيث يتم إخصاب البويضات داخل جسمها. إن الحيوانات ذات الإخصاب الداخلي تنتج بويضات ونطافاً أقل، لأن إمكانية تلاقي هذه الأمشاج أكثر احتمالاً.

في ازهار الربيع "النسائية"  
الاشدية وغابرها (التي تحمل غبار  
الطلع) عالية، والسمة (ومدقتها) قصيرة  
خفيفة.



## الأجيال المتعاقبة

في بعض ذوات الثبات الحياتية هناك جيلان مختلفان نشتا. ففي الطحالب النشبة لاميباريا، ينتج الجيل "البالغ" (ويُدعى الثابت البوغي) الأوبغ بالانقسام المنصف فتنتشأ هذه بيات ذكورية وأنثوية تولدت الجيل المشيج الذي ينتج الأمشاج (الخلايا الجنسية). وهذه النطاف والبويضات تتلاقى في الماء لإنتاج لاقحة تنمو إلى نابت بوغي (الجيل البوغي)، وهكذا تبدأ الدورة من جديد، وتتعاقب الأجيال.

في ازهار الربيع "المبوسية"، السمة  
ومدقتها (عضو التانيث) طويلة عالية  
والاشدية قصيرة خفيفة.

## تحقيق الإخصاب

### التجهيز

يحمل الكثير من الثبات كلا الأعضاء الذكرية والأنثوية في أعضائها. فبمكثها أحياناً إخصاب نفسها، لكنها في الغالب مهيأة وضعية لتحقيق الإخصاب التجهيزي (أي الإخصاب بخلايا جنسية من نبتة أخرى من النوع نفسه). والإخصاب التجهيزي أكثر نفعاً لأنه يجعل النسل أكثر تنافراً. فأزهار الربيع (بريمولا فلجارس) ذات ضربتين من الأزهار، لا تحمل النبتة الواحدة إلا ضرباً واحداً منهما. والخلايا الجنسية في كل تختلف وضعاً وتفاوتاً نصفاً بحيث تكفل التباير المختلط فقط.

## الخلايا الجنسية

الخلايا الجنسية (الأمشاج أو الأعراس) تحوي نصف كمية المادة الوراثية في الخلايا العادية. وهي مهيأة خصيصاً لتحقيق الاتحاد فيما بينها. في بعض الثبات والحيوانات الخلايا الجنسية متماثلة الحجم، لكن الخلية الجنسية الأنثوية، في الغالب، أكبر بكثير من الخلية الذكرية. والخلايا الجنسية الأنثوية (البويضات أو البويضات) تستقر في موقع واحد، فيما الخلايا الجنسية الذكرية (النطاف) تسبح في اتجاهها.

الخلايا الجنسية الذكرية والأنثوية متماثلة في حقل البحر (أولغا لاكتوكا). في الثباتات الزهرية توجد عدة خلايا جنسية أنثوية في كيس جنيني. أما الخلايا الذكرية فتوجد في حبوب اللقاح. في معظم الحيوانات، البويضة أكبر من النطفة بكثير.



## لمزيد من المعلومات انظر

- اللازهريات ص ٣١٦
- الثبات الزهرية ص ٣١٨
- الأمشاج ص ٣٢٦
- الزواج ص ٣٣٠
- الطيور ص ٣٣٢
- الخلايا ص ٣٣٨
- الوراثيات (علم الوراثة) ص ٣٦٤
- التناسل البشري ص ٣٦٨
- حقائق ومعلومات ص ٤٢٢



# التناسل البشري

أنت، ككل كائن بشري في هذه المعمورة، بدأت حياتك كخلية مخصبة (زيجوت) تكونت من اتحاد نطفة من نطاف والدك (خلايا جنسية) ببويضة (بويضة) في أنبوب متصل برحيم أمك - يدعى أنبوب فالوب. ثم بدأ تغير الخلية المخصبة مباشرة، فأخذت تنقسم فتيلاً، ثم استقرت في بطانة الرحم - حيث تابعت انقساماتها الخلوية مراراً وتكراراً مغتذية من دم والدتك، بينما جنمك بتشكل ينظم. وبعد تسعة أشهر من الحمل في دفي رحيم أمك وظلمته، أصبحت جاهزاً لأن تولد.

بعد الولادة يفرض  
نظماً الأم اللبن  
(الحليب) لتغذية  
الوليد.

المبيضان يختزان  
البويضات،  
ويطلقان  
المزونات  
للتحكم في دورة  
المرأة التناسلية.

تدور المزونات  
الجنسية في الدم،  
فتهايم جسم المرأة  
لتدبر شؤون الجنين  
الناسي.

## الأعضاء التناسلية في الأنثى

بويضات المرأة تختزن في المبايض. وهما، بدءاً من عمر يقارب ١٣ سنة، يطلقان مداراة بويضة واحدة كل ٢٨ يوماً.

تشكل البويضة الآن كرة  
مخوفة من الخلايا! تنبع في  
بطانة الرحم وتنمو تدريجياً  
إلى مشقة ثم إلى جنين.

المبيضان يتناوبان إنتاج  
بويضة واحدة كل شهر.

تنشأ بطانة الرحم كل شهر  
لاستقبال البويضة؛ فإذا لم تكن  
مخصبة، تنفك بطانة الرحم وتطرز  
من الجسم بالخيض (الطمث).  
تنبثق النطاف إلى داخل الرحم  
عبر فجوة دقيقة في عنقه.

يضم المهبّل القضيبي أثناء الجماع بحيث تلتصق  
النطاف أقرب ما يمكن إلى البويضة. والمهبّل أيضاً  
هو القناة التي يمرّ الطفل عبرها عند الولادة.

## التغيرات أثناء الحمل

يشغل الجنين المتنامي باوى الأمر  
خيزاً صغيراً داخل الرحم؛ لكنه في  
شهره التاسع يملأ الرحم بكاملها  
- ضاغطة معدة الأم وججائنها  
الحاجز. ويتكيف جسم الأم مع  
هذه التغيرات، فيضخ قلبها مزيداً  
من الدم لتغذية الجنين النامي؛  
وهي تتناول كميات أكثر من الطعام  
لتوفير غذائه. وتزايّد حجم الثديين  
استعداداً لإرضاع الطفل بعد  
الولادة. كما تبدأ الأم نفسها ذهنياً  
لاستقبال الطفل الجديد.

يبدأ الثديان در اللبن (الحليب)  
بعد الولادة بوقت قصير.

مقبل الولادة،  
الجنين في الغالب  
مقلوب رأساً على  
عقب، والذراعان  
والرجلان  
متمسكة قرب  
الجسم.

ينقل الحبل السري  
الدم من الجنين إلى  
المشيمة.

## الإرضاع

يقتدي معظم صغار الثدييات  
بالبن من أنداء أمهاتها.  
يحوي لبن الأم مزيداً من  
المغذيات سهل الهضم  
وكامل التوازن والملاءمة  
لتغذية الطفل - إضافة إلى أنه  
مناخ بسهولة ويشر.

منذ بدايات مرحلة  
البوغ، تحدث  
المزونات الجنسية  
تغيرات في جسم  
الذكر. فيكتول نمو  
الأعضاء التناسلية،  
ويبدأ شعر الوجه  
بالظهور.

الشعر

تولد الأنثى بعدد  
محدد من البويضات،  
لكن الرجل ينتج دوماً  
نطاقاً جديداً.

## الأعضاء التناسلية في الذكر

تنتج الخلايا الجنسية  
الذكرية، أو النطاف في الخصيتين.  
وخلال الجماع تخرج النطاف بنائل من  
غدة البروستات تشبه، فيمكنها  
الوصول إلى البويضة داخل رحيم المرأة.



الخصية

تخضع البويضة بنطفة  
ساحبة ضغطاً في  
أنبوب فالوب.

تساق البويضة عبر  
البوق وتنقل على  
طول أنبوب فالوب.

الجزء الفارع ينتج هرمونا  
يهايم بطانة الرحم لاستقبال  
البويضة.

فصم خلايا الأم  
يؤفر المغذيات.  
من هذه الخلايا تنشأ  
المشيمة والخيل السري.  
من هذه الخلايا  
ينشأ الجنين.

هذا التجويف المليء بالمانع  
يصبح تجويف السمل يملؤه  
الشاة (سائل السمل)؛ وهو  
"الماء" الذي يطفو فيه الجنين.

## الانغراس

عندما تستقر البويضة المخصبة على جدار الرحم  
تبدأ بتفكيك بعض خلايا الأم، وتغذي بها  
بداية. وهي تاليا تحصل على الأكسجين  
والمغذيات من دم الأم عبر عضو إسفنجي النسيج  
يدعى المشيمة (السند). ويصل المشيمة بالجنين  
خبل طويل يدعى الحبل السري؛ وهو يضم أوعية  
دموية تحمل إلى الجنين المغذيات والأكسجين  
وتخلصه من الفضلات. وتنتج المشيمة أيضاً  
هرمونات خلال فترة الحمل.

## لمزيد من المعلومات انظر

- اللبونات ص ٣٣٤
- الرئيسات ص ٣٣٦
- النمو والتطور ص ٣٦٢
- الوراثة (علم الوراثة) ص ٣٦٤
- التناسل الجنسي ص ٣٦٧



# البيئات

البيئة هي مجمل الظروف الطبيعية الخارجية والبيولوجية التي تعيش فيها الكائنات الحية، والبيئات علم يدرس هذه الكائنات في بيئاتها الطبيعية مجملًا وتفصيلًا. فدراسة بيئة الحيوان يتسنى لعلماء البيئة تفهم دواعي تصرف الحيوان على نحو معين. لكن البيئات لا تزال علمًا «جديدًا» والعالم الطبيعي بالغ التعقيد. والبيئون على دراية بوجود المشاكل، لكنهم لا يدركون بشكلٍ جازم مقدار خطورتها ولا كيفية معالجتها.

الطقس أحد عوامل بيئة الأرنب؛ وعلى الأرنب الغيثر في الظروف المختلفة لهذه البيئة. فهو بحاجة إلى هواء نظيف للتنفس وإلى ماء نقى للشرب.

حيوانك تتطفل

خارجيًا على فروة الأرنب كالبراغيث أو فتعضيات تتطفل عليه داخليًا كالديدان.

حيوانات تغرس الأرانب كالشعاب والفأقم (من ضروب بنات عرس)

## بيئة الأرنب

الظروف التي يعيش فيها الحيوان، وأنواع الحيوانات والنباتات التي تستوطن منطقتها، تؤثر كلها في حياته الخاصة. لذلك، عندما يدرس البيئون بيئة حيوان كالأرنب فإنهم يدرسون كل شيء حي أو غير حي ذي علاقة بها. وهذا يشمل الحيوانات الضارية التي تقتضه والطعام الذي يقتدي به والأرانب الأخرى، والطقس والهواء والتربة في تلك البيئة.

نباتات يفتك بها الأرنب كالغشيب والهشيباء البرية والرسم.

التربة التي تحفر فيها الأرانب جحورًا تلجأ إليها من عوامل الطقس والضواري، وتحمي فيها صغارها.

حيوانات أخرى تعيش في الموقع نفسه كديدان التربة

## البيئة البشرية

الإنسان، بخلاف سائر الحيوانات الأخرى، قادر على تغيير بيئته لتلاءم مع نمط حياته. وقد يلجأ ذلك ضرورًا بالنباتات والحيوانات الأخرى فيها. البيئات البشرية علم يبحث في كيفية تغيير البشر لبيئتهم، ومدى تأثير هذه التعديلات في البشر أنفسهم.

## تجميع الحقائق والأرقام

المعلومات التي يحتاج البيئون إلى تجميعها تنطوي على الكثير من الإحصاء والوزن والقياس - على اليابسة وتحت الماء. أحيانًا تُغذى الخواشب بهذه الأرقام لأجباب ما يمكن أن تُحدثه تغييرات معينة في منطقة ما. ومن ثم يقدم البيئون إرشادات إلى الناس حول أفضل السبل لمعالجة بيئتهم.

## إرنست هيكل

كان البيولوجي الألماني، إرنست هيكل (١٨٣٤-١٩١٩) أول من استخدم كلمة إيكولوجية (البيئات) عام ١٨٦٩. وعرفها بأنها «دراسة الاقتصاد البشري الأسري للمنتجعات الحيوانية». كان هيكل من مؤيدي نظرية دارون للتطور بالانتخاب الطبيعي. وظلت أفكاره عن البيئات متبينة حتى حوالي العام ١٩٠٠ حين بدأ البيولوجيون يدرسونها بجديّة.





# الغلاف الحيوي

الأرض نظام بيئي مُعَقَّد - والأجزاء التي تَسْكُنُها الكائنات الحية منها، برًا وبحرًا وجوًّا، تُؤَلَّفُ الغلاف الحيوي. هذا الغلاف محدود النطاق يمتد قليلًا (نسبيًا) فوق سطح الأرض وتحتّه. يتألَّف المَوطِنُ الأحيائيُّ من نُطْقٍ بيئية، لها خصائصها المناخية والتَّربِيَّةُ والجماعاتُ الأحيائية من نبات وحيوان، تُعرَفُ بالنُّظُم أو المنظومات البيئية. وتُشَمَّلُ المنظومةُ عدَّةُ أجزاءٍ مُترابطةٍ ومُتكاملةٍ بِشَكلٍ يَضمُنُ استمراريتها. وهي رُغمَ تَمَيُّزها لِيَسَتْ مُغلَقةٌ - فالشمسُ والمطرُ يَدْخُلانها، والماءُ ينصرفُ منها، والمُغذِّياتُ تأتيها وتُغادرها عبر التربة، وبُزُورُ النَّبَتِ والحيواناتُ تَجيءُ إليها وتَذهَبُ.

## المجال

المجال موقع يشغله الكائن الحي في نظام بيئي، يشمل مكان عيشه ونوع مأكله وحشيه وطرائق سلوكه وعلاقته بالكائنات الحية الأخرى. ويُطلقون على مجال النوع أحيانًا «المُتَمَنَّى».

## الموطن

الموطن هو القسوى الطبيعي لجماعة من النبات والحيوان تُشكِّلُ جالية. أحيانًا يُدعى الموطن البيئي «موقع» النوع وهو يحوي العديد من الجماعات، فمُجمَعُ الشجر مثلاً موطن.

## المنظومات كبيرة وصغيرة

النظام البيئي قد يَكْبُرُ كالمحيط، أو تصغرُ منظومته كقطرة مطر فوق ورقة نبات. وفي كلا الحالين تتميز المنظومة البيئية عما حولها من نُطْقٍ، وتُضمُّ مجموعات من الكائنات الحية تتفاعل وتتأثر واجدتها بالأخرى. فالشجرة المفردة منظومة بيئية كما الغابة المُضَمَّة. حتى الجلد البشري يُمكنُ دراسته كنظام بيئي مُستقل تعيش عليه مُستعمرات من البكتيريا والفُطر.

## النظام أو المنظومة البيئية

النظام البيئي منطقة مُتكاملة في الغلاف الحيوي تحوي كائنات حية، وهو يشمل الصخور والتربة والتحية وسطح الأرض والهواء فوقه، ويُضمُّ عدَّةُ مواطن - فالغابة مثلاً نظام بيئي. أما النُّظُمُ البيئية الكبرى، كالغابات المطيرة والصحاري، فتدعى خيومات.

## الغلاف الحيوي

يُغطِّي الغلاف الحيوي كامل سطح الأرض برًا وبحرًا وجوًّا فهو القسم الحي من كوكبنا ويحوي نُظُمًا بيئية مُختلفة عديدة.

## الأرض

الأرض هي الكوكبُ الأوحد المعروف بوجود الحياة عليه. وتتميز الأرض بجو يحوي العناصر الضرورية لبقاء الكائنات الحية، كما تحمي سطح الكوكب من الأشعة المؤذية في إشعاعات الشمس.

## جينس لفلوك

العالم البريطاني، جينس لفلوك (1919-)، تقدَّم بما يُدعى «فرضية جايا» في السبعينيات من القرن العشرين - و«جايا» مُصطلح يوناني قديم بمعنى «الأرض الأم» أو «الإلهة الأرض». فبقَد أن درس لفلوك جَوَّ المريخ، بدأ دراسة جَوَّ الأرض، وارتأى أن الجَوَّ يُنظِّمُه الغلاف الحيوي، مُعتبرًا أن جميع الكائنات الحية على الأرض تعمل كجزء من كائن واحد يستطيع تَغيير بيئته لِتلاءم مع احتياجاته. فالجايا تؤمِّن الظروف المُلائمة لبقائها الذاتي، حتى ولو جعل بَنُو البشر الأرض غير ملائمة لبقائهم.



## النظم البيئية في العالم

تنوزع النظم البيئية على سطح الأرض حسب المناخ بصورة رئيسية. وتتفاوت النظم المناخية المختلفة بين القارص والجاف في منطقتي القطبين، والحرار والرطب في المنطقة الاستوائية. وقد تأقلمت النباتات والحيوانات مع الظروف المناخية، وترافقت معاً لتكون جماعات وحيوانات مختلفة. وتؤدي كل «جالية» دوراً معيناً ضمن نظامها البيئي خلال تنافسها على الموارد الضرورية من أجل البقاء.

تقع الأراضي القطبية والتندرا في أقصى شمال الأرض وجنوبها، في القطب الشمالي والقارة القطبية الجنوبية. والأراضي القطبية متجمدة قارساً البرد طوال السنة - وهي تتدحج تدريجياً في أراضي التندرا بعيداً عن القطبين.

السواحل البحرية تصفها برّ وبضدها بحر، وهي تشكل نظاماً بيئياً دائم التغير يتواجد حول خواف جميع القارات.

تظل المدن والمنشآت الحضرية مكان المواطن الأصلية للحياة البرية. فتكتنف هذه مع البيئة الجديدة، وهي أدفاً وأقل تعرضاً للرياح من الزيف المحيط.

توجد الجبال في جميع القارات، وهي تشمل معظم النظم البيئية الرئيسية لأن الظروف المناخية تتباين على الارتفاعات المختلفة.

الأنهار والبحيرات منظومات بيئية من المياه العذبة، متواجدة في معظم مناطق العالم.

السهوب المرجية في آسيا وإفريقية والأمريكتين الشمالية والجنوبية مساحات شاسعة من الأراضي تهيئ الغشيب بصورة رئيسية.

تؤلف المحيطات أكبر الأنظمة البيئية على الإطلاق، وهي جميعها متصلة معاً.

تنتشر الغابات المطيرة المدارية في الأمريكتين الوسطى والجنوبية وإفريقية الوسطى وجنوب شرق آسيا وشمال أستراليا. وهي غالباً قريبة من خط الاستواء فتظل حارة ورطبة معظم أيام السنة.

غابات المناطق المعتدلة تحوي الصنوبريات والأشجار العريضة الأوراق. وتوجد في المناطق المعتدلة الحرارة والبرودة حيث تتساقط الأمطار بانتظام معظم أيام السنة.

الصحاري في معظمها حارة شحيحة المطر جداً. وتوجد في الأمريكتين الشمالية والجنوبية وآسيا وإفريقية وأستراليا.

المناطق الرطبة تشمل المستنقعات العذبة والمالحة (السبخات). وهي موجودة في جميع القارات عدا القارة القطبية الجنوبية.

## حدود الأنظمة البيئية

يختلف النظام البيئي عن محيطه بشكل ما، إذ يُؤلف محيطه جزءاً من أنظمة بيئية أخرى. بعض الأنظمة البيئية ذات حدود متميزة - كالعُدد بين غابة وخيرة. والمواطن والمجالات البيئية تتغير فجأة، لكن الكثير من الأنظمة البيئية تتداخل وتندمج معاً وتؤلف منطقة الاندماج هذه منظومة بيئية إنشائية تختلط فيها النباتات والحيوانات من كلا النظامين البيئيين.

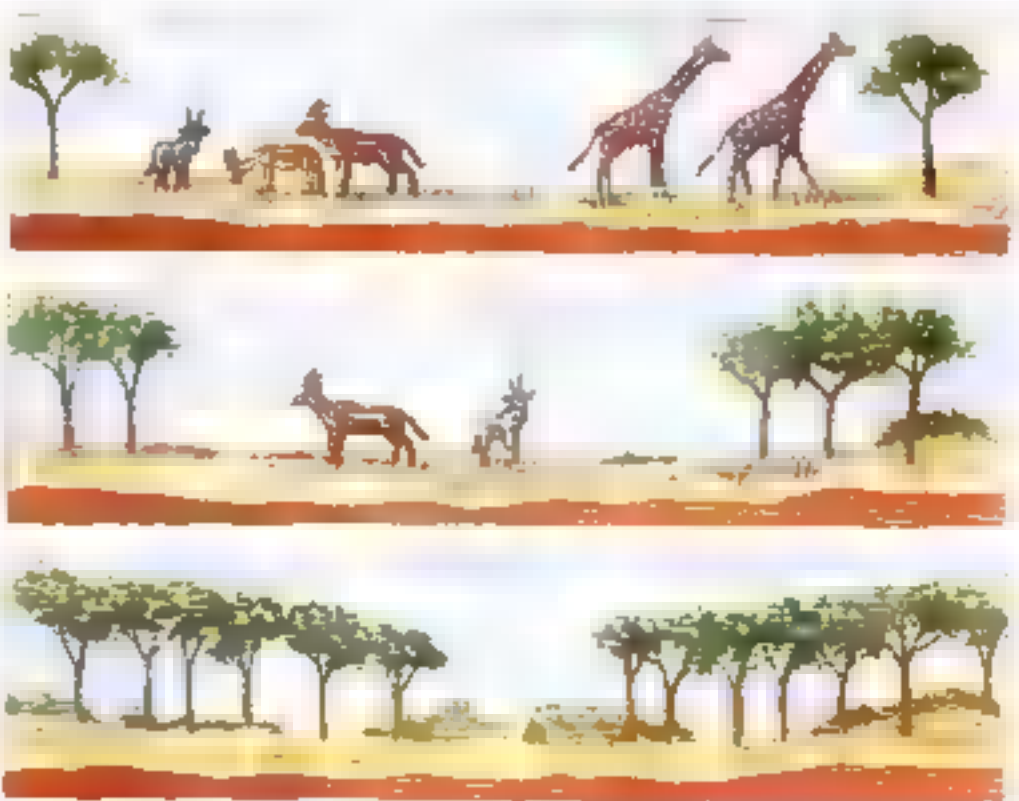
الحيوانات الراجية تبقى السهوب الغشبية على حالها، لأنها تأكل يادرات الشجر.

إذا تناقص عدد الحيوانات، فقد تنبت الأشجار وتنمو، فتجذب ضوء الشمس عن الغشيب.

أخيراً، تكتسب الأشجار المنطقة وتكون غابة.

## التعاقب

تنمو الجماعات وتزايّد حتى تبلغ وضعاً مستقرّاً يوصف بأوج المجموعة البيئية. تُدعى عملية التحول من نظام بيئي، كغشيب غشيب، إلى غابة مثلاً تعاقباً أولياً. أمّا إذا دُمّر النظام البيئي طبيعياً أو بفعل الإنسان، واستعاد وضعه السالف فهو تعاقب ثانوي.



## لمزيد من المعلومات انظر

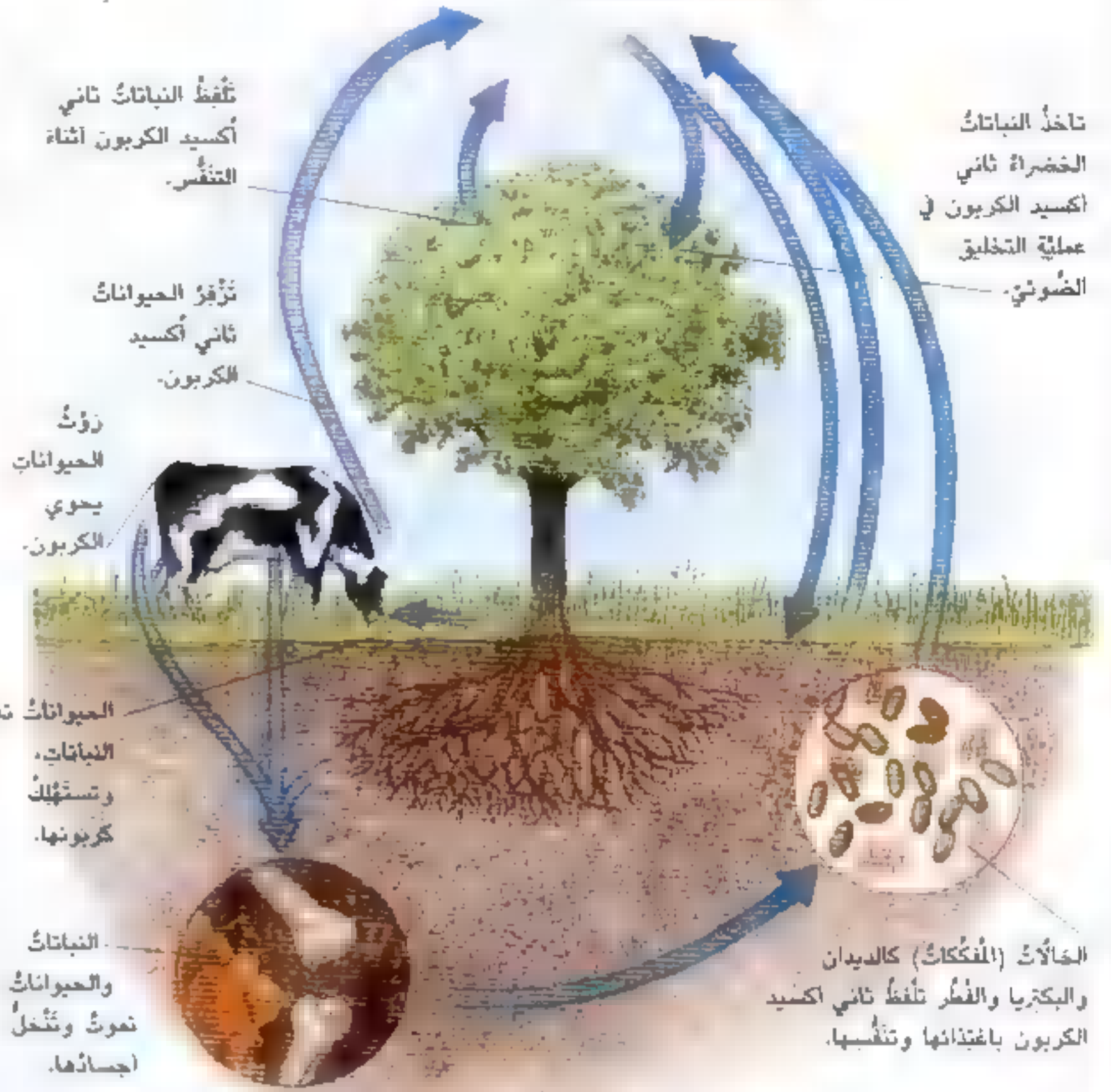
- المناخ ص ٢٤٤
- الجوّ ص ٢٤٨
- الأرض ص ٢٨٧
- دورات في الغلاف الحيوي ص ٢٧٢



# دورات في الغلاف الحيوي

ربما كان بعض جسمك فيما مضى جزءاً من دينصور! ذلك لأن موادَّ جسمك الأساسية قد أُعيد تدويرها مرّات عديدة، فاستخدمتها حيوانات ونباتات أخرى قبل أن تصبح جزءاً منك. فالكائنات الحية تأخذ الماء والكربون والتروجين والأكسجين وتستخدمها لتعيش وتنمو. ولو كانت هذه المواد تُستخدم لمرة واحدة فقط لكانت نفدت منذ أزمان. إن جميع الحيوانات والنباتات تتنفس وتنمو، ومصيرها أن تموت وتتحل. وبانحلالها تنطلق مواد أجسادها إلى الغلاف الحيوي لإعادة استخدامها.

ثاني أكسيد الكربون في الجو.



## دورة الكربون

غُصِرَ الكربون أساساً أجسام الكائنات الحية كلها. وهو أصلاً من مكونات ثاني أكسيد الكربون في الجو. النباتات الخضراء وبعض البكتيريا تأخذ ثاني أكسيد الكربون من الجو لتُصنع غذائهم، والحيوانات تأكل النباتات فتأخذ الكربون. ويُعاد هذا الكربون إلى الجو كثاني أكسيد الكربون في تنفس الكائنات الحية أو في فضلاتها أو حين تموت وتتحلل أجسادها.



## التسمم بالرصاص

الأدخنة الممتعة من السيارات أثناء حركة السير تُطلق ما يزيد على ٢٢٥,٠٠٠ طن من الرصاص في الجو كل سنة. هذا الرصاص يتمزج بالهواء ويمتصه البشر والحيوانات الأخرى فيسبب أجسادهم والأطفال بخاصة هم الأكثر تضرراً بهذا الخطر.

في الليل، تأخذ النباتات الأكسجين وتطلق ثاني أكسيد الكربون.

الأكسجين في الجو

في النهار، تأخذ النباتات ثاني أكسيد الكربون وتطلق الأكسجين في عملية التخليق الضوئي.

تنفّس الحيوانات الأكسجين وتُفرّز ثاني أكسيد الكربون.

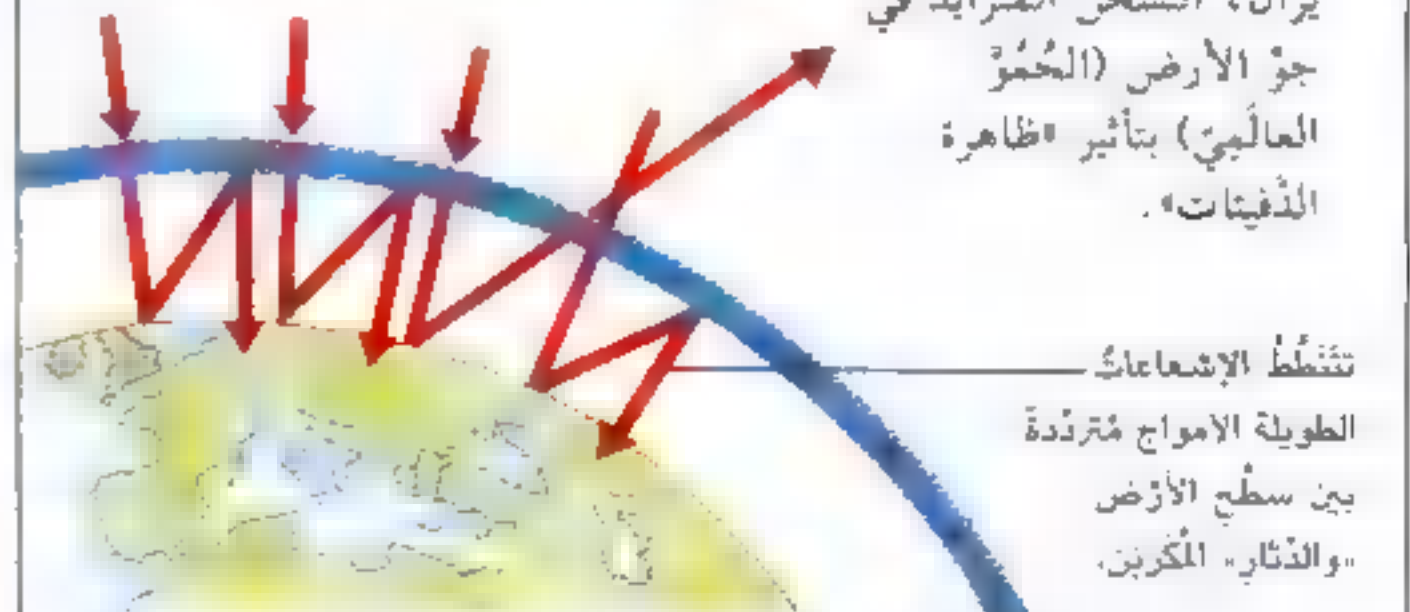


## دورة الأكسجين

تأخذ الكائنات الحية الأكسجين من الهواء، وتستخدمه لإطلاق الطاقة من الأغذية التي تأكلها. وقد تستخدمه أيضاً مع الكربون والهيدروجين والتروجين لابتناء جزيئات جديدة في أجسامها. ويُعاد إطلاق الأكسجين إلى الجو من النباتات الخضراء خلال عملية التخليق الضوئي، ومن النباتات والحيوانات كجزء من ثاني أكسيد الكربون في عملية التنفس.

## الحُمُوّ العالمي

إحراقنا للرُّبُوت والفحم والخطب يُطلق ثاني أكسيد الكربون إلى الجو. وقد غدا الفيض من هذا الغاز يُؤلف «دثاراً» مكرّيناً حول الأرض تعبّر معظم الإشعاعات القصيرة الأمواج الواردة من الشمس؛ لكن معظم الإشعاعات الطويلة الأمواج الممتعة من الأرض عاجزة عن اختراقه - مِمَّا سبّب، ولا يزال، التسخن المتزايد في جو الأرض (الحُمُوّ العالمي) بتأثير «ظاهرة الدفيئات».





## دورة التَّروِجِين

جميع الكائنات الحية تحتاج إلى التروجين لصنع الهرمونات؛ لكن معظمها لا يستطيع استخدام تروجين الهواء مباشرة. لذا ينبغي تثبيت التروجين. أو أنحاده بعناصر أخرى لتكوين الثروات أو الثريبات. النباتات تستطيع امتصاص الثروات، والحيوانات تأكل النباتات فتحصل على حاجتها من التروجين. ويتم عملية التثبيت بواسطة بكتيريا الثرة أو الطحالب والأشنات. وتعيش البكتيريا المثبتة في التربة أو على جذور نباتات كالسلي والفاصولياء والفول والبرسيم. وفي المقابل تفكك البكتيريا المزيلة للثرة فضلات الحي من الحيوانات والنباتات ورفات الميت منها، لإطلاق التروجين وإعادةه إلى الجو.

البكتريا المزملة للثمرة تمتص  
الثمرات وتطلق الدُخَان في الجو.

تأكلُ الحيواناتُ النباتاتَ  
وما بها من ثمرات.

فضلات الحيوان والنباتات  
والحيوانات الميتة تُثَلَّى فَتُطْلَقُ  
مركبات النُتروجين في التربة.

يكتريا النترية في التربة تحول مركبات النروجين إلى نترات.

بكتريا الثمرة في الثمرة تحول  
الفريجات الى مفرات.

بُثْرَاتُ فِي التُّرْبَةِ  
جُذُورُ النُّبَاتِ  
مِنَ التُّرْبَةِ.

بكتريا التربة في جذور النبات تحول  
النيتروجين والنيتروجينيات في التربة إلى نترات،

يَنْتَزِدُ بِخَارِ الْمَاءِ  
مُتَحَوِّلاً إِلَى  
غَيْومٍ.

في التساقط، يعود  
الماء إلى الأرض  
مطرًا.

ويعود الماء إلى  
الأنهار  
والبحار.

## التَّلَاوُثُ

فصل ثلاث المصانع ثلثت  
العديد من الأنهار والبحيرات  
نقصت على الحياة البرية  
فيها. كذلك يشكّل النقط  
المتشكّب في البحر خطورة  
بالغة على الأحياء البرية، لأنه  
يختبرق ويثقل ريش الطيور  
وفراء الحيوانات فيمنعها عن  
الحركة وتحصيل الثوت -  
فتموت جوعاً وتذاً.

تَمِيحُزُ  
الْمِيَاهُ مِنْ سَطْحِ  
الْأَرْضِ.

## دورة الماء

تسخن المياه على سطح الأرض،  
في الأنهار والبحار وغيرها، بحرارة الشمس  
وتتبخر في الجو. ويضغود بخار الماء عالياً في الجو،  
يبرد ويكتث قطرات مائية تتجمع سحبا، ثم تسقط مطرا على  
سطح الأرض.

المَطَرُ الحَامِضُ

الغازات الناتجة من مخفضات القدرة والمركبات  
تتمزج بالماء في الهواء، ثم تنسقط مطراً  
حامضاً يغمر جزءاً من دورة الماء. وهذا  
الحامض، في ماء المطر، يهذو الحياة البرية  
في جميع المنظومات البيئية حيثما ينسقط. كما  
إنه يؤثر في بنى السمائل والنبوت ويمتد  
واجهاتها. وبفعل الرياح، تحمل الغازات  
المسببة مسافات طويلة - فقد يحدث التلوث  
في بلد ما مطراً حامضاً في بلد مجاور.

المياه السخنة  
تتساقط مطراً  
جامعاً.

المطر  
الحامضي  
يُثَقِّفُ النباتات ويؤذي  
الحيوانات والمباني، ويمتدِّحُ بعباد  
الانهار والبحيرات والبحار.

تُخزِنُ الغَارَاتُ  
بِقَطْرَاتِ الْمَاءِ فِي  
الْهَوَاءِ.

الْأَذْحَنَةُ  
السَّاعَةُ  
تُطْلِقُ فِي  
الْحَقِّ

**مزید من المعلومات انظر**

- الكربون ص ٤٠  
التروجين ص ٤٢  
الأكسجين ص ٤٤  
المناخات المتغيرة ص ٢٤٦  
تكوين الشعب ص ٢٦٢  
المطر ص ٢٦٤  
التخليق الضوئي ص ٣٤٠  
نظام النقل في النبات ص ٣٤١  
التنفس الخلوي ص ٣٤٦



# البشر وكوكبهم

يُقدّر العلماء عُمر الأرض بِبَضْعَةِ آلافِ مليون سنة، لكنَّ البشر لم يتواجدوا على سطحها إلا منذ وقتٍ قصيرٍ جدًا نسيًا (أقلَّ من ثانية في يوم). وبنهاية القرن العشرين، سيُلجَّ عددُ سُكَّان الأرض أكثرَ من ٨٠٠٠ مليون نسمة؛ وهم بحاجة إلى طعام وماءٍ وخيزٍ للعيش وهواءٍ للتنفُّس وطاقةٍ لتشغيل مكناتهم. وكلُّ هذا سَيُعَكِّسُ سلبًا على الكائنات الأخرى، حيوانات ونباتات؛ فستنقص مواطنها البيئية وتقلُّ مواردها الغذائية تدريجيًا. لقد تسبَّب البشر بالكثير من المشاكل البيئية الحالية كالحُمُو العالمي والمطر الحامضي والثقوب في طبقة الأوزون في أعالي الجَو وغيرها. وليس هناك من حلول بسيطة لهذه المشاكل. لكننا نشأ الآن أكثر إدراكًا لهذه المشاكل، ووعيًا لِسُبُلِ الحد منها.



الكيمائيات الخطرة

بعض الكيمائيات التي تُرشُّ بها الرُّوع سامةٌ للبشر وضارةٌ بالبيئة. لذا يُفترضُ استخدامها بحكمٍ ودراية، وكذلك ارتداء ملابسٍ واقية أثناء استعمالها؛ لكنَّ ذلك لا يتوافر دائمًا في البلدان النامية.



## المأخوذ والمردود

يحصل البشر من الأرض على مواردٍ عديدة، لكنهم يُعيدون إليها غالبًا أشياءً مُؤذية كالنفايات والملوثات. إنَّ موارد الأرض من الفحم والغاز والنفط والفولاذ ستُنفبُ يوماً. لذا يترتَّب علينا إيجاد مواردٍ أخرى يُمكن تجديدُها قبل نفاذ ما لدينا من الموارد التي لا يُمكن تجديدُها.



## كوارث التلوث

١٩٥٣-١٩٦٠ الانسحاق بريق المحار في خليج ميناماتا، باليابان، يتسبب بتلف الدماغ لدى الكثيرين.

١٩٧٦ تسربت مُبيد الأعشاب في سيفسو، بإيطاليا، تسببت في موتات الأشخاص، ويحكم على الحيوانات الذاجنة في تلك المنطقة بالقتل تخلصاً من أضرارها.

١٩٨٤ تسربت الكيمائيات من مصنع في بهوپال، بالهند، يقتل ٢٥٠٠ شخص.

١٩٨٦ حادث المفاعل النووي في شرنوبل، بروسيا، يُصيب منطقة شاسعة بالتسمم الإشعاعي.

١٩٨٩ صهريج يتسرب منها ٤٠,٠٠٠ طن من النفط مُقابل سواحل ألاسكا فيقضي على آلاف الحيوانات.

١٩٩٣ صهريج يتسرب منها ٨٤,٠٠٠ طن من النفط على مقربة من جُزر شتلاند، باسكتلندا، قتلوا المزارع والشواطئ ويقضي على الحياة البرية فيها.

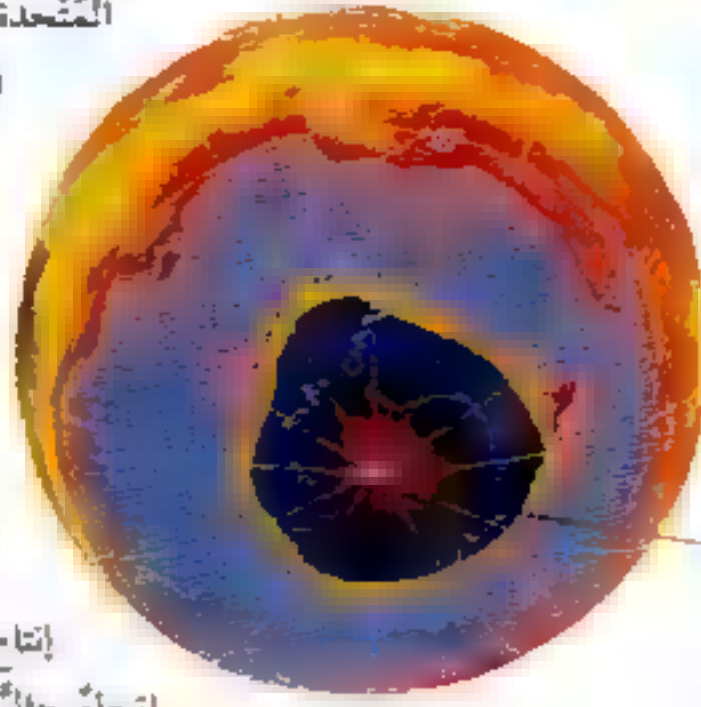
## الانفجار السكاني

على مدى آلاف السنين ظلَّ عددُ سُكَّان العالم محدودًا، فلم يُلجَّ اثنان (١٠٠٠ مليون) إلا في الثلاثينات من القرن التاسع عشر. تكتة استغرق فقط مئة سنة إضافية ليُجاوز ٢٠٠٠ مليون نسمة. كما إنَّ تعداد السُكَّان العالمي قد تضاعف خلال الـ ٤٠ سنة الماضية فقط. ويُعتقد أنه قد يُلجَّ ١٠,٠٠٠ مليون بنهاية القرن الحادي والعشرين. الضورة المُقابلة تُبيِّن البيوت والخرائب المتلازمة على سطح تلة في ريو دي جانيرو، بالبرازيل.



## ثقب في طبقة الأوزون فوق القارة القطبية الجنوبية

حوالي العام ١٩٨٠، اكتشف العلماء ثقباً يتحجم الولايات المتحدة الأمريكية في طبقة الأوزون فوق القارة القطبية الجنوبية. هذه الصورة الملتقطة من الفضاء، تبيّن الثقب بوضوح. كذلك اكتشف أيضاً ثقب أصغر فوق القطب الشمالي، وأن طبقة الأوزون فوق أقسام أخرى من الأرض غدت أرق مما كانت عليه سابقاً. ويتجني العلماء باللائمة في ذلك، بصورة رئيسية، على غازات كربون الكلور الكلوريني. وهذه الغازات تستخدم في بعض التبرادات والمبردات والمكيفات والمطاط، وفي إنتاج بعض أنواع البوليسترين ومواد التنظيف؛ وهناك اتجاه حالياً إلى أن يستبدل بها بيوها.



ثقب في طبقة الأوزون

## طبقة الأوزون

توجد طبقة الأوزون على ارتفاع ١٥ إلى ٥٠ كم فوق سطح الأرض؛ وهي تقي الأرض من معظم إشعاعات الشمس فوق البنفسجية المؤذية. إن تزايد هذه الإشعاعات المفرط قد يغير البيئة الجينية (الوراثية) للنباتات والحيوانات ويسبب سرطان الجلد في البشر. هذا وقد حدثت ثقب في طبقة الأوزون، سمحت بعبور مزيد من هذه الإشعاعات إلى الأرض. ففي القارة القطبية الجنوبية تعطل المستويات العالية للإشعاعات فوق البنفسجية العوائق عن التخليق الضوئي (تحضير الغذاء باستخدام ضوء الشمس) مما يخلل بالسلاسل الغذائية في البحر.

البوروكوكس (المُخلّب المعقّر الزاوي الحُضرة) فقط يستطيع النمو في جو شديد التلوث، ولا وجود للأشنيات هنا.

الأشنة القاسية التقشر كالأشنيات الرائتورية تبيّن أن الهواء عالي نسبة التلوث.

غازات كربون الكلور الكلوريني، التي تنتجها المصانع، تتساقط عالياً في الجو وتتمزق طبقة الأوزون.

طبقة الأوزون المتكاملة تمنع معظم إشعاعات الشمس فوق البنفسجية المؤذية من الوصول إلى الأرض.

فراغ من الإشعاعات فوق البنفسجية يعبر الثقب في طبقة الأوزون فيؤدي كل أنواع الحياة على الأرض.

يتألف جزيء الأوزون من ثلاث ذرات من الأكسجين. فعند بلوغ غازات كربون الكلور الكلوريني طبقة الأوزون تتفكك بفعل المستويات العالية للإشعاعات فوق البنفسجية مُطلقة ذرات الكلور. وهذه تتحد مع إحدى ذرات الأكسجين من كل جزيء في طبقة الأوزون فتفككها.

## كواشف التلوث الحية

بدراسة الكائنات الحية، يمكننا معرفة مدى تلوث الهواء أو الماء. فبعض الكائنات يحتل الكثير من التلوث بينما بعضها الآخر يزكو ويتزدهر في الهواء النظيف فقط. فالأشنيات حساسة جداً لتلوث الهواء لأنها تمتص المعادن من مياه المطر بكل سطوحها؛ فتراكم السموم في أنسجتها وتقتلها.

الأشنة الورقة كأشنيات الهارميليلا تختلج نسبة قليلة من التلوث.

الأشنة الأزرقية الكثيفة تنمو في الهواء النظيف فقط.

الثقب الجذبية الذيل، وهي يرقات الذباب الحوام (من نوع إريشتراس)، تتنفس أكسجين الهواء مباشرة عبر أنبوب طويل؛ لذا تستطيع العيش في مياه شديدة التلوث.

الثويدات الحمراء التي هي في الحقيقة يرقات ذباب صغير (من نوع كيرنوس) تحتل نسبة عالية من التلوث.

مُزبئ المياه الغنية كاريبيان جماروس يحتل نسبة قليلة من التلوث.

خواري ذبابية الصخور (كالبرلا الثنائية الرقطة) تعيش في المياه النقية فقط.

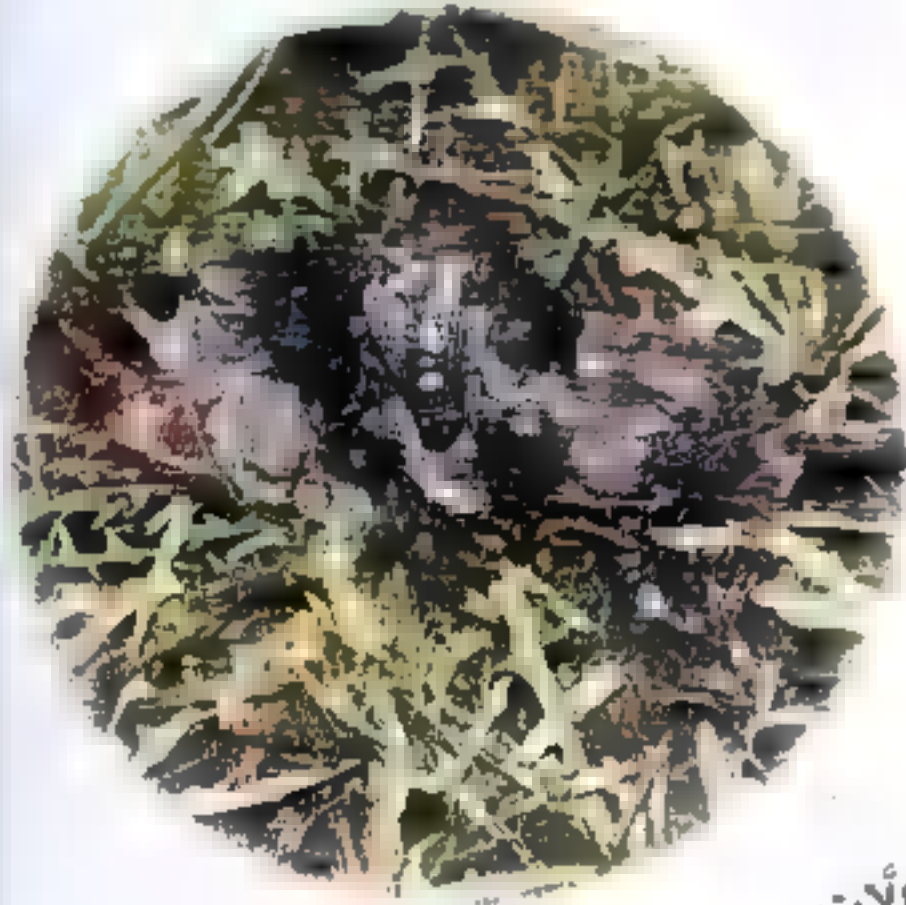
### لمزيد من المعلومات انظر

- الحفازات ص ٥٦
- مصادر الطاقة ص ١٣٤
- الجو ص ٢٤٨
- التخليق الضوئي ص ٣٤٠
- ذرات في الغلاف الحيوي ص ٣٧٢
- الفضلات وإعادة تدويرها ص ٣٧٦
- حقائق ومعلومات ص ٤٢٤



# الفضلات وإعادة تدويرها

في العالم الطبيعي لا يُهدَر شيء. فهناك كائنات حية تُدعى الحالات أو المُفككات العضوية تَغتذي بالمواد الميتة والمُتعفنة وغيرها من الفضلات العضوية الدروكة (الحلولة) حيويًا، فتُفككها بحيث يُمكن إعادة تدوير مُكوّناتها واستعمالها مُجددًا. لكن إعادة التدوير الطبيعي هذه تختلُ بِضخامة كمّيات النفايات الناتجة من استعمالات الناس اليوم؛ وهي في مُعظمها، كاللّبن والرّجاج ومُعظم اللدائن، غير دروكة حيويًا. فهذه إن رَميناها كما هي، قد تبقى دون أنحلّال مئآت السنين، حتّى ولو تأكلها الصّدا أو تفتّت قطعًا صغيرة، لأنّ الحالات لا تُستطيع أكلها؛ فتظلّ تلوّث الجوّ واليابسة والماء. ويُمكننا، بدل رمي هذه الأشياء، إعادة تدويرها بإرجاعها إلى المصانع لِتُستخدم مُجددًا. كما يُرتجى تجنّب استعمال المواد غير الدروكة حيويًا، والإقبال على شراء الأصناف المُغلّفة أو المُعبأة بمواد دروكة حيويًا والأقلّ تلويثًا للبيئة.

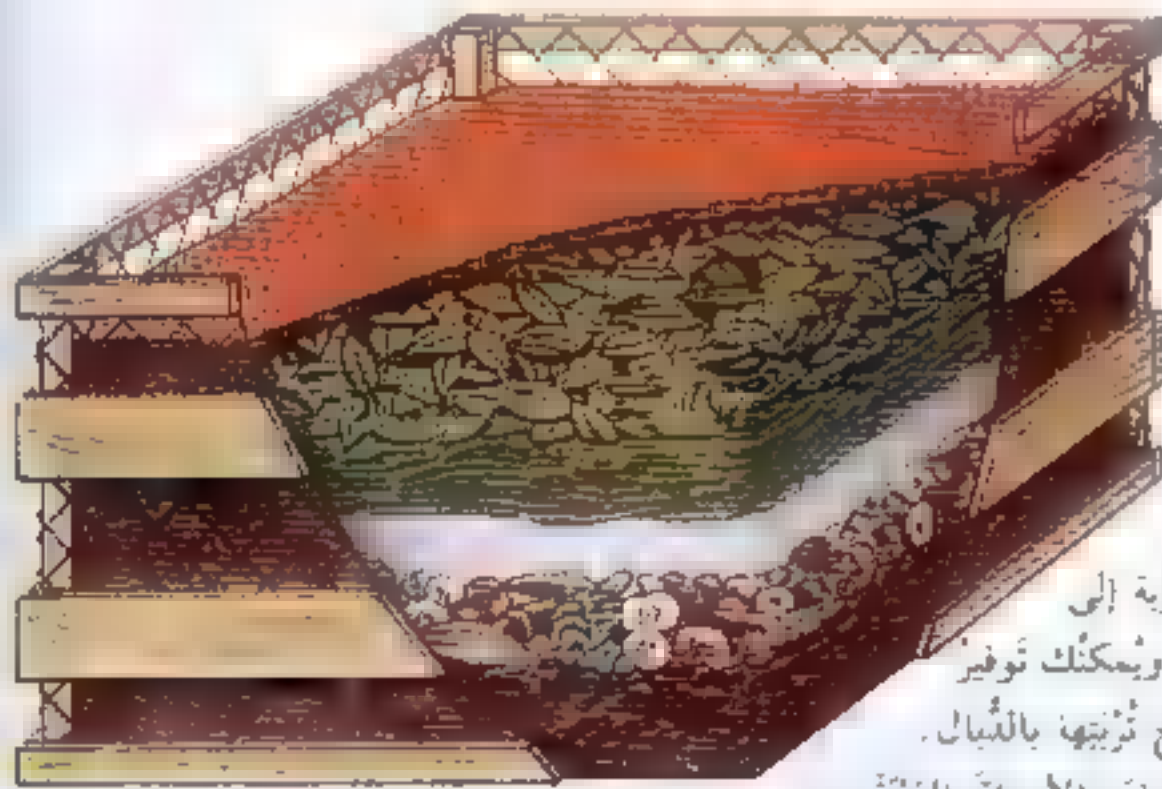


## الحالات

الكائنات الميتة يُعاد تدويرها طبيعيًا. تنفث (برفانات) الذباب على هذه الزبابة الميتة هي حالانها. وهي، كما الحالات والمُفككات الأخرى تُساعد على تنظيف البيئة وجعل مواد الفضلات العضوية مُتاحة مُجددًا لاستخدام النباتات والحيوانات الأخرى. فعندما تنفثك المواد أو تتحلّل نفا دقيقة، تستطيع البكتيريا والفطّر، وهي الحالات الرئيسية مُعالجتها.

## مكبات النفايات

النفايات البشرية لا بُدّ من طرّحها في مكان ما، ومُعظم وسائل التخلّص منها قد تُضرّ بالبيئة. فالكثير من النفايات الضلبة يُطرّح في حفرة ضخمة كمواقع زُحف. وتقوم جرّارات ثقيلة ضخمة بِفرضها ودكها لِتُشغل خيزًا أقلّ كما تُغطّي بالتراب وتُذكّ يومًا لِمنع الطيور والحيوانات من الإغذاء عليها ونشر الأمراض. لكن هذا إن أخفى النفايات الضلبة، فإنّه لا يمنع السوائل السامة من السّروب إلى المياه الجوفية؛ كما إن ارتفاع الحرارة في مطاميرها يُنتج غازات لُهوية قد تنفجر وتسبب الحرائق.



غطّ المذبلة (كومة الدبال) بِسجادة قديمة أو بالخيش لِحفظ الحرارة في داخلها.

## كيف تُعدّ مذبلة (لتسميد مزرعواتك)

أوراق النبات وأجزاء الأخرى الميتة تتحلّل في التربة إلى مُغذيات يُخشب بها الرّوع. ويُمكنك توفير سماد إضافي لِحديقتك بِمزج تربيته بالدبال. فبدل أن ترمي الخضر والأزهار والأوراق الميتة، من الحديقة، يُمكنك تجميعها في مذبلة تُعدّها كما يلي: في زاوية من الحديقة، جُمع طبقات من الفضلات النباتية في حاوية مناسبة - مُغطّيًا كُل طبقة بالتراب لِحفظ الحرارة المتولّدة من فعل الحالات فيها. أبقى المذبلة رطبة لأنّ الحالات تنشط في ظروف الدفء والرطوبة. وانتظر عدّة أشهر لِيتكوّن الدبال. حاوِز من وجود مواد لُهوية حول المذبلة لأنّ درجة الحرارة ترتفع في نهاياها، وقد يلتهب بها الغاز المتولّد.

## مُعدّل النفايات

في البلدان المُتقدّمة صناعيًا، حيث تُسود أساليب الحياة العصرية، تُزيد نفايات العائلة المتوسطة على الطلّ سنويًا. وتتألف هذه النفايات في مُعظمها من ورق التغليف والفضلات المطبخية؛ والكثير من هذه يُمكن إعادة تدويره واستعماله مُجددًا.

صندوق النفايات لعائلة مُتوسطة

٣٠٪ ورق وكرتون

٢٢٪ فضلات مطبخية

١٠٪ رُجاج

٩٪ بِلَرَات

٥٪ لدائن

٢٪ أقمشة

١٠٪ غُبار

١٠٪ نفايات أخرى



## لزيد من المعلومات انظر

- الجرائيم (البكتيريا) ص ٣١٣
- الفطريات ص ٣١٥
- التغذية ص ٣٤٢
- قوارث في الغلاف الحيوي ص ٣٧٢
- البشر وكوكبيهم ص ٣٧٤
- الحفاظ على البيئة الطبيعية ص ٤٠٠



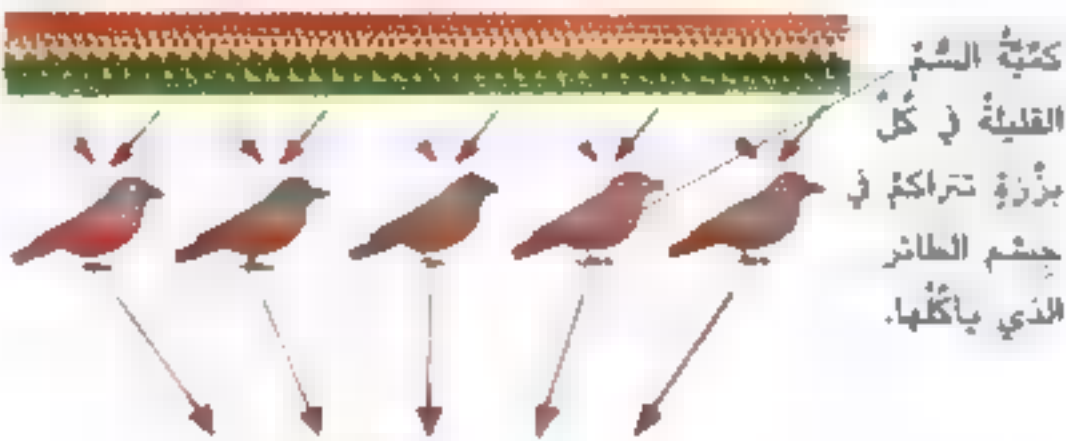
# السلاسل والشبكات الغذائية

تترابط مجموعة الكائنات الحية في نظام بيئي، من حيث اغتذاؤها بسلسلة غذائية - يأكل الكائن في السلسلة ما دونه، وبدوره يأكله ما فوقه. فمثلاً في سلسلة «ثعلب - أرنب - نبتة» الأرنب يأكل النبتة، وهو بدوره يأكله الثعلب. النباتات قادرة على تخليق غذائها باستخدام طاقة ضوء الشمس، وتدعى منتجات. أما الحيوانات فلا تستطيع تخليق غذائها ذاتياً، فتتغذى بالنباتات والحيوانات الأخرى، وتدعى مستهلكات. أحياناً تتغذى الحيوانات بأكثر من نوع واحد من الغذاء، فتتداخل بذلك ضمن عدّة سلاسل غذائية. وتولّف تلك السلاسل حينئذ شبكة غذائية.



## السلسلة الغذائية

سلسلة من الكائنات الحية يُشكّل الواحد منها غذاء للذي يليه، كسلسلة النبتة - الأرنب - الثعلب مثلاً. وكلما تزايدت حلقات السلسلة الغذائية على ثلاث حلقات أو أربع، فعند الحلقة الرابعة غالباً ما تكون كمية الطاقة كلها قد استُنفدت.



## الشبكة الغذائية

قد تشمل الشبكة الغذائية كائنات حية من عدّة منظومات بيئية. ففي الشبكة الغذائية أعلاه، لاجالية بحرية، يعيش بعض الحيوانات والنباتات في الماء وبعضها الآخر على اليابسة. فالمُنتجات، من نباتات مائية وعوالق نباتية، تُشكّل طعاماً للعاشبات (أكلات النبت) كالعوالق الحيوانية والقواقع والحشرات وبعض الأسماك. والعاشبات بدورها تأكلها اللاحمات (الحيوانات آكلة اللحوم) من حشرات وأسماك أخرى ولبنات. وأي تغيير في أعداد النوع من أي حلقة يؤثر حتماً في نباتات وحيوانات الشبكة بأكملها.

## الشجر في سلسلة غذائية

تتراكم الشجر بالانتقال غير السلسلة الغذائية. فالحيوانات السائمة التي تُرش بها الزروع، لإبادة الحشرات، تتحلل منها إلى الطيور التي تقتات بزرور تلك الزروع. فإذا أكل طائر كبير عدداً من هذه الطيور الصغيرة، تراكم كمية الشجر في جسمه، وقد تكون كافية لقتله أو تجعل الأذى منه تضع بيوضاً رقيقة القشرة جداً بحيث تنكسر وتقلع عندما يزعم الطائر الوالد عليها. ويدعى هذا التراكم الشجري تضخيماً حيوياً.

الكائنات الحية في المستوى الغذائي الرابع أقل لأن كمية الطاقة فيه أقل منها في المستويات دونه.



مزم طاقة

## المستويات الغذائية

من الوسائل المستخدمة في دراسة جالية بيئية ترتيب كائناتها الحية في مستويات غذائية. ونعتمد هذه المستويات على أعداد أو كتلة (الكتلة الحيوية) الكائنات الحية في المستوى نفسه من الشبكة الغذائية، أو على كمية الطاقة التي تخزنها مجموعة الكائنات في ذلك المستوى. ونرسم هذه المستويات بيانياً كمدرج، هزيمي غالباً، لأن كمية الطاقة تنافس بالانتقال صعداً من مستوى إلى الذي يليه.

## جوناثان پورت

المُحاضر والكاتب البريطاني، جوناثان پورت (١٩٥٠ -)، هو من ألمع الناشطين في تثقيف الناس حول ضرورة الاهتمام بالأرض وبالحياء البرية فيها. وقد ركّز پورت جهوده في "سياسة

الخضر"، وتقدّم كمرشّح عن حزب الخضر البريطاني في مجلس العموم، ثم أصبح مديراً لجمعية أصدقاء الأرض. وفي العام ١٩٩٠، تخلّى عن منصبه لينصرف إلى إلقاء المحاضرات والأحاديث الإذاعية والتلفزيونية والكتابة عن قضايا "الخضر" حول العالم.



## لمزيد من المعلومات انظر

- التخليق الضوئي ص ٣٤١
- التغذية ص ٣٤٢
- الإغذاء ص ٣٤٣
- الهضم ص ٣٤٥
- الغلاف الحيوي ص ٣٧٠
- الحياة البرية في خطر ص ٣٩٨



# الجماعات الحيوانية

الرُّمَّة من الذئاب، والقطيع من الطُّبَاء، والسُّرْب من السَّمَك، والرَّفْ من الطُّيُور أمثلة على التجمُّعات الحيوانية. فقد تعيش الحيوانات جماعات كلِّ الوقت أو تجتمع فقط أثناء التَّعشُّش أو الإغْتذاء في منطقة وزمن مُعيَّنين. وكثيراً ما تُسودُّ هذه التجمُّعات علاقات مُجتمعيَّة، فيتقاسم أفراد الجماعة وظائف خدمايَّة كتجميع الطَّعام والعناية بالصَّغار والدِّفاع عن الجماعة. كما إنَّ العيش جماعات يُتيح للصَّغار من الجماعة تعلُّم المهارات والسلوك الأصحَّ من الكبار. وهكذا تتعرَّزُّ إمكانات الجماعة في مُجابهة نزاع البقاء، وتثقلُ معرفَّة وخبرة الجماعة إلى الجيل التالي.

الذئب السيِّد في القطيع يُحدِّد مناطقها برائحها، فلا تقتربها ذئب من قطيع آخر.

تغوي الذئب نذيراً للقطيع المناهضة بغدق الاقتراب من مناطقها.

جراة القطيع تتخلَّم بغرافية الكبار وشحاكاة نصرةً لها.

الذئب السيِّد ترفع أذبالها في الهواء وتُصيِّب أذنيها عاليًا.

تُحطِّط الذئاب جماعات، فيمكنها بذلك قُلُص حيوانات كبيرة كالأيل.

الذئب الخائفة تُخفِّض ذيلها تعبيراً عن خُشوعها.

يستقي الذئب الخائفة على ظهره استسلاماً للذئب السيِّد دون مُقاومة.

## قطيع الذئاب

أعضاء القطيع من الذئاب (كانيس لوبس) تتعاون على البقاء، بالقُلُص جماعة والدِّفاع عن الجراء. فكلُّ ذئب يُعرف موقعه ضمن القطيع. فالذئب السيِّد يُغرِّب عن سيطرتها أو تُوقِّفها بأوضاع جسديَّة خاصَّة تدعى لغة الجسد. وتستخدم الذئاب الخائفة اللغة نفسها للتعبير عن خُشوعها واعترافها بسيادة الأسياد. السيِّد والسيِّدة الأولان في القطيع كلاهما كبير الجسم سليمة. وفي العادة يُقتصر إنجاب الجراء على سيِّدة القطيع.

لحظة الخط المُستقيم من مسار الرِّفص يُمثِّل الزاوية بين الشمس ومكان الغذاء.

## جين جودول

العالمَّة الانكليزيَّة جين جودول (١٩٣٤ - ) بدأت دراسة الشمبانزيات في مُحمية الحيوانات في حوض نهر جومبي في تنزانيا، بإفريقية. وبعد سنوات من البَحْث ومُتابعة جماعات الشمبانزي في الغابات، توضَّحت لجودول تفاصيل الحياة العائليَّة للشمبانزيات وأفضل الطُّرُق لحمايتها. وتركَز مؤسَّسة جين جودول الانتباه على أوضاع الشمبانزيات الحرجة ومُصيرها المُهدِّد بخطر الإنقراض بسبب تدمير مواطنها البيئيَّة وتضيُّدها والمُناجزة غير المُشروعة بها.



## رَفْص النحل

نحلة النحل (أيس ملبيرا) ترفُص داترباً لشراب النحل الآخر في الخلية إلى موقع مورد غذائي جيِّد وتتناوب سرعة الرِّفص عكياً مع بُعد المورد عن الخلية - فكلما ازدادت السرعة، كان المورد أقرب.

## مُسْتَعْمِرات الطُّيُور

يعيش الكثير من طُّيُور البَحْر، كالْمُكْشَكِب الأصابع (سولا باشانا) في تجمُّعات كبيرة تدعى مُستعمرات - تقبُّع فيها الطُّيُور مُتباعدة فقط بفنٍّ يتجاوز مدى التناثر. فالْتعشُّش الجماعي أكثر أماناً، ومُجال الإنذار بالخطر فيه أوفر.



## لزيد من المعلومات انظر

- الطُّيُور ص ٣٣٢
- الرئيسات ص ٣٣٦
- الاغْتذاء ص ٣٤٣
- الحياة البريَّة في خطر ص ٣٩٨
- حقائق ومعلومات ص ٤٢٤



# العشرة والتعايش

أنواع النبات والحيوان المختلفة قد تعايش؛ وهذه العشرة قد تكون مفيدة لكلا النوعين في تكافل حيوي متبادل، كشقيق البحر النامي على محارة سلطعون؛ أو قد يكون مفيداً لواحد مضرراً بالآخر، كما البرغوث متطفلاً على كلب - يمتص من دمه ويهيئ جلده. وقد يكون التعايش مفيداً لأحد المتعايشين ولا يضر الآخر بشيء كسمكة الريمورا (الشك) في حماية القرش (كلب البحر). ويمكن اعتبار غزو الثعالب ونبات آوى والراكونات والأوبوسومات لصناديق الثعالب نوعاً من هذا التعايش مع البشر.



## الحماية المتبادلة

نمل الشط (من نوع بنودوميريس) يحمي شط قرون الثور (أكاسيا كورنيجرا) في كوستاريكا، بقرص الحيوانات التي تحاول أكل أجزاء من الشجرة. وفي المقابل توفر الشجرة للنمل مكاناً آمناً للتعيش داخل قرونها الكبيرة، كما تنتج الأكاسيا إفرازات حلوة تأكلها النمل.

القرش الماص في رأس سمكة الريمورا (الشك) بحوي سلسلة من الصفائح.



## الحماية مقابل الغذاء

الشرطانات الناصكة لا محارة ضليقة لها. وهي تعيش في المحار الفارغة لصدقات ميتة، وتنقل منها إلى آخر أكبر عندما تضيق تلك المحارة بها. ويعيش بعض شقيق البحر فوق محارة الشرطان الناصك. فيحمل الشرطان شقيق البحر إلى مناطق أغنياء جديدة ويوفر له غذاء إضافياً من قنات طعامه. وفي المقابل نحني لوامس شقيق البحر اللاسعة الشرطان من اعتداء المعتدين.

## في العشرة خير للمتعايشين

نقار البحر الأحمر المنقار (بوفاجوس إريثرونكس) يستحم فراء الحيوانات الإفريقية الكبيرة، كالزرافة، بنحاً عن القراد والذباب ماصة الدم ليتغذى بها. فبعض هو غذاء، وتفيد الزرافة (جبرافا كاميلوبارديس) خلاصاً من الآفات المؤذية.

الشراكة بين نقار الثيران والزرافة مثل على التكافل الحيوي.

## العشرة تفيد الواحد وتضر بالآخر

انكشوت (كاشكونا إيشيوم) نبات عديم الكلوروفيل، يعيش متطفلاً على النباتات الأخرى فيسببها فتناً مهشاً من غذائها. في الشام ينشون هذا النبات الهالوك، وهو الحامل في مصر.

تخترق جذور الكشوت انسجة النبات العائل وتمتص شسفة. صورة عن قرب لقطع مستعرض من جذع نبات عائل تثبت فيه جذور الكشوت.

جذع النبات العائل

خيوط خافق الكرسنة القرنفلية اللون. سمكة الشك (الريمورا)

## المستفيد أحد المتعايشين

سمكة الشك (ريمورا ريمورا) لها في أعلى الرأس قرص ماص تلتصق بواسطته بسمك القرش. فيوفر لها القرش الحماية وبعض الغذاء تلتقطه من سقطة طعامه. والريمورا قد لا تفيد سمكة القرش بأكثر من إزالة بعض الطفيليات من جلدها.

## لمزيد من المعلومات انظر

- النباتات الزهرية ص ٣١٨
- قناديل البحر والشقائق البحرية ص ٣٢٠
- والمرجانيات ص ٣٢٦
- الأسماك ص ٣٢٦
- البلدان والحدود ص ٣٩٧



# اللون والتموويه

الذباب الحوام  
غير مؤذي لكن  
مُشاكهة للفُحل  
أو الزنابير تُبعد  
المُفترسات عنه.

القشع السفلي الباهت اللون  
من اجنحة الفراش الأزرق  
الشائع (بوليوماتوس  
إيكاروس) يُؤذيها غل  
بعض النباتات.

أزهار القمعية  
الأرجوانية  
الرّاهية تجتذب  
النحل الطنان الذي  
يفتدي بزحيفها  
وفي الوقت نفسه  
تحمل الطنانك  
حببات اللقاح، فتلقح  
بعضها ما تزوره  
تالياً من  
ازهار.

ألوان النباتات والحيوانات تُخدّم عادةً أغراضاً  
معيّنة. فالوان النبات وأزهاره الرّاهية تجتذب  
الحيوانات التي بواسطتها تُنقل حبيبات اللقاح بين  
الأزهار، أو تُنشر البزور بعيداً لانتاش نبات  
جديدة. ومن الحيوانات ما هو ذو ألوان زاهية  
لاجتذاب القرين، أو للتحذير من سُميّة أو  
لإيهام بها. والألوان الباهتة تُعين الحيوان  
على التّمويه والاندماج مع البيئة من حوله -  
وهذا يُمكن الضواري من مقارنة فرائسها  
ومفاجأتها، وفي الوقت نفسه يخدّم الفرائس  
المُستهدفة في التخفي عن عيون مُفترسيها.

القشع الأعلى من اجنحة ذكر الفراش الأزرق  
الشائع زاو بزرقته لاجتذاب  
القرين.

الرقط الأخضر والثني  
في الجرازة يُؤذيها بين  
الأعشاب.

## من أجل البقاء

الظهور بشكل بارز ضروري لبعض  
الحيوانات والنباتات كما التخفي والتمويه  
ضروري لبعضها الآخر. فالكائنات الحية جميعها  
تُحدّ اللون والتّمويه أو الشكل الأنسب لها من أجل البقاء.

أشروع الفراشة  
الهوليّة (الشفنكس ليفستري) أخضر  
زاو ذو خزوز ماثلة تُساعده على  
التخفي بين أوراق جفنة الرباط  
(ليفستروم) التي يفتدي بها.

## تغيير اللون

يتغيّر لون بعض الحيوانات تبعاً  
للحسب بحيث تظلّ مُموّهة طوال  
السنة. فالقائم (سبلا إرمي) يتي  
أسمر الفروة مُعظم أيام السنة. لكن  
لون فروته يتحوّل شتاءً، حيث تتساقط  
الفلج، إلى البياض عدا خضلة طرفيّة  
في نهاية ذيله.

الوان المُستوفقة الرّاهية  
تُحدّ المُفترسات من  
طعمها الكريه.

## ذكور غنيّة بالألوان

ذكور الطيور في كثير من الأنواع أغنى لونا  
وأزهي إشراقاً من الإناث. فالإناث ترخّم غالباً  
على البيوض في العش وتعتني بالفراخ. ومن  
الطبيعي أن نجعلها الألوان الرّاهية هذفاً بارزاً  
للمفترسات. في الشوكة أعلاه فرفاط ذكر  
(فريجاتا مثير) يتفخ جوابه الحلقى الأحمر  
مختلاً لاجتذاب أنثاه.

### لمزيد من المعلومات انظر

- التطور (النشوء بالتحوّل المُضوي) ص ٣٠٨
- الرّهرّيات (النباتات الرّهرّية) ص ٣١٨
- المفصّليات ص ٣٢٢
- الطيور ص ٣٣٢
- الإغنياء ص ٣٤٣
- الخواص ص ٣٥٨



الطير المخطّط (البونجو)  
(يوسركس يوريسيزوس)



## الرقط والمخطوط

أماط الرقط والمخطوط في  
كسوة الحيوان تُساعده في اتلاف  
لونه وشكله عموماً مع الوسط  
المحيط. فالنمر الأرقط والظبي  
المخطّط تصبّ رؤيتهما بين  
الظلال في الغابات التي  
يستوطنانها. ويلاحظ أحياناً  
نواجد هذه الرقط والمخطوط  
المُموّهة في بعض صغار  
الحيوانات وغيابها في أئواب  
الكبار التي بمقدورها أن تدافع عن  
نفسها أو تلوذ بالفرار عند الخطر.



## هنري وُلتر

بيشس

العالم الطبيعي  
والمكتشف

الإنكليزي، هنري بيشس

(١٨٢٩-١٨٩٢)، درس التّمويه في  
الحيوانات؛ ولحق أن بعض الحشرات  
غير المؤذية تُشابه المؤذية الكريهة شكلاً  
لِجتنبها المفترسات. ويُعرف هذا الآن  
بالمُشاكهة البيئية. وقد أرتأى بيشس أن  
تلك المُشاكهة تأصلت نتيجة لعملية  
الانتخاب الطبيعي.



# الهجرة والإسبات



مُنتزَه سِرِنجِي  
الوطني، بكينيا

## الهجرة

تُهاجر الحيوانات طلبًا للغذاء والدفع والماء والمحال الحيوي أو بحثًا عن مكان آمن تُربي فيه صغارها. والمعروف أن الطيور، كالخرنسة القبطية والفراسات تقطع في هجراتها مسافات أطول من سواها. وفي فصل الجفاف الإفريقي ترتحل الآلاف من نيايل الثو (كثوكيس ثورينوس) قطعانًا نحو سفوح التلال للرعي - صغارها تتبع كبارها. لكن الكثير من الحيوانات المهاجرة تقوم بالرحلة الأولى بنفسها، مستعينة بنوع الشمس أو النجوم؛ ويعتقد أن بعضها حساس لمجال الأرض المغنطيسي، وأن الأسماك والحيات تهتدي بالتيارات المحيطية.

فصل جاف  
فصول المطر السنوي  
بمزايد بالامتداد  
شمالاً.



## رحلة نيايل الثو

الحيوانات المهاجرة  
قد تقطع آلاف

الكيلومترات. ففي

الفصل الرطب نرعى نيايل

الثو في السهول الجنوبية

الشرقية من كينيا، وهي ترتحل غرباً

في الفصل الجاف ثم شمالاً نحو المناطق

الأخضر نظراً. ثم تعود ثانية إلى الجنوب حيث تكون الأمطار قد أعادت

السهوب العشبية الجافة إلى الحياة مجدداً. وتقع المضاري مفرسة

النيائل، كالأسود. القطعان المرتحلة، بالضرورة، حيثما تذهب.

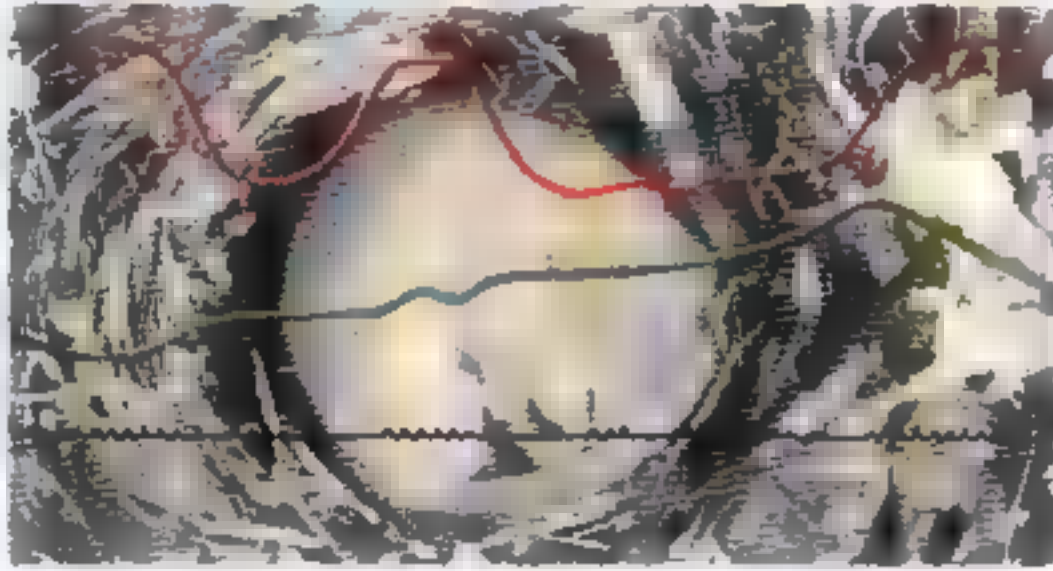
انجاء رحلة  
نيايل الثو

فصل رطب

درجة الحرارة

الوزن

شُرعة التنفس



اغتراب قبل الإسبات  
إسبات عميق  
يقظة لفترة قصيرة  
عودة إلى الإسبات

تجاوز الجفاف

تستوطن الأسماك الرنوة

مستلزمات تغذ مياها في فصل الجفاف.  
تتغذى السمكة الرنوة إلى الانجرار في الزحل  
ملقحة داخل شُرعة من المخاط الرطب تُقلل  
تجذ الماء من جسدها. وهي تنفس عبر غطاء  
من الوخل بالشرقة. وعند عودة المطر، تخرج  
السمكة من شُرعتها وتستعيد حيوتها. هذا  
الضرب من الإسبات في ظروف الحر والجفاف  
يُدعى التصيف أو الإسبات الضيفي.



السمكة الرنوة الجنوب امريكية  
(البيردوسيفون بارادوكسس)

## الإسبات الشتوي

تُفتر الأنشطة الحيوية خلال الاكثبات الشتوي، بما يبقى الحيوان حياً  
تفقد. تنهبط درجة حرارة الجسم إلى ما فوق درجة حرارة الهواء  
بقليل، وتناقض ضربات القلب وتُخفّف - كما يبدو في مُحطط  
الإسبات أعلاه للرغبة (ماسكاردينوس أفلاناريوس).

## مدى الإسبات الشتوي

المزموط قارض صغير حقيقي  
الإسبات. هذا المزموط الألباني الأصفر  
البطن (مارموتا فلايفيترس)، مثلاً،  
يُسبب دون خراك في نومه أكثر من  
نصف السنة أحياناً. بعض الحيوانات،  
كالدببة، خزانة الإسبات؛ وقد تنكّر  
لغترات طويلة؛ لكن ضربات القلب  
فيها تكاد لا تُفتر؛ وإن طرات نوبة  
دفء، فإنها تستيقظ وتعتدي.



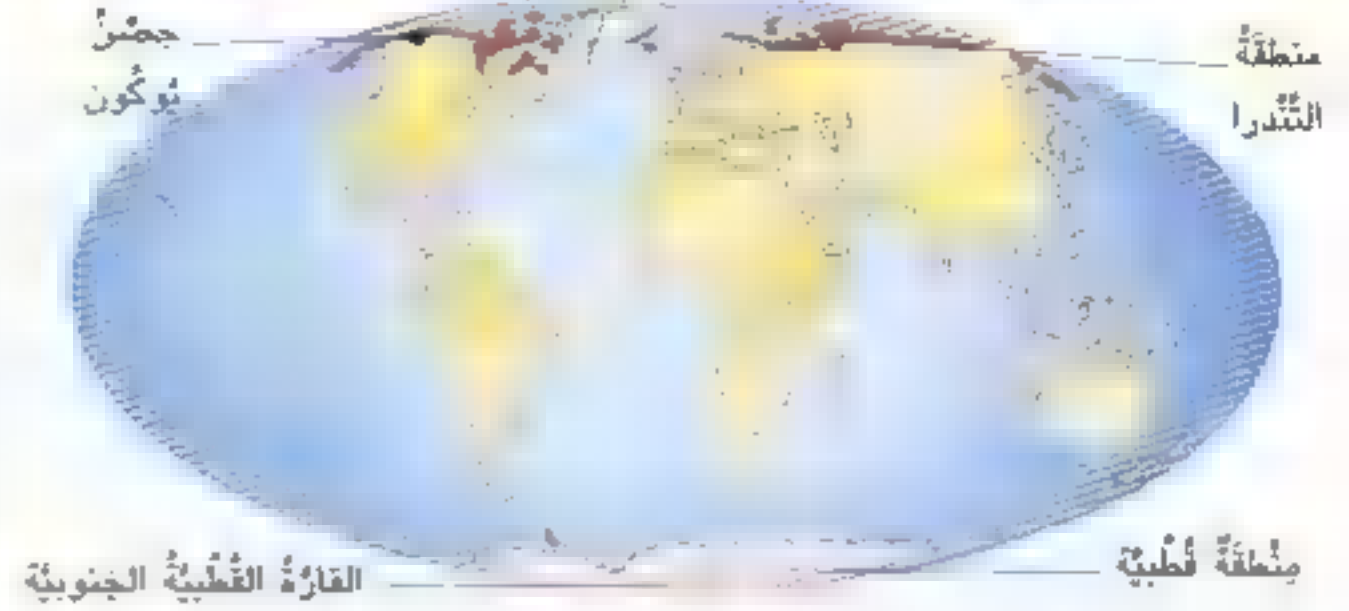
## لمزيد من المعلومات انظر

- بيئة الأرض ص ٢١٢
- الفضول ص ٢٤٣
- المناخ ص ٢٤٤
- التغذية ص ٣٤٢
- حقائق ومعلومات ص ٤٢٤



# مناطق القطبين والتندرا

المنطقة القطبية  
الشمالية



توزيع المناطق القطبية والتندرا في العالم

في أقصى شمالي الأرض وجنوبها توجد منطقتا القطبين الشمالي والجنوبي، وهما أشد المنظومات البيئية قساوة على الأرض. وتعتبر القارة القطبية الجنوبية أبرد مناطق الأرض قاطبة - إذ تتدنى درجة الحرارة فيها إلى ٨٠°س تحت الصفر؛ وتهب الرياح فيها بسرعات قد تبلغ ٣٢٠ كم/سا. وحيث أنه لا يتوافر تنوع حيائي كبير في هاتين المنطومتين، فإن الشبكات الغذائية فيهما بسيطة يسهل الإخلال بها. والحياة البرية، بطبيعة الحال، مكيفة للعيش في هذا المناخ.

## الفظ (فيل البحر)

يعيش الفظ (أودوبنيس روزمارس) قطعاناً في المحيطات القطبية الشمالية، ويحمي جلده العاسي وطبقات الشحم تحته من البرد القارس ومن تعديات الأفظاظ الأخرى. ويستخدم الفظ نابيه لإقتلاع النحار التي يلتقي بها؛ والنابان أطول في الذكور؛ وقد يُشير طولهما إلى منزلة الفظ بين القطيع.



خط الساحل

هنالك مساحات شاسعة مغطاة بالجليد حول كلا القطبين. ففي المنطقة القطبية الشمالية، يطفو الجليد فوق البحر، وكثيراً ما لا تتجاوز سماكته بضعة أمتار. أما في القارة القطبية الجنوبية، فالجليد يغطي الكتلة الصخرية، وتبلغ سماكته في بعض الأماكن حوالي ٤ كيلومترات. وتتقي حيوانات تلك المناطق البرد القارس بفرانها الغليظة أو ريشها الكثيف أو بطبقات الدهن السميكة تحت الجلد - مما يحفظ لها دفئها. وتهاجر إلى منطقتي القطبين في الصيف أعداد ضخمة من الطيور، كالبطاريق وبطة العنبر، حيث تفضل الضواوي ويتوافر لها وفرة من الطعام في ذلك الموسم.

## منطقتا القطبين



## طائر الخرشنة القطبي (الشمالي)

طيور الخرشنة القطبية (ستينا يرايسيه) تُربي فراخها في صيف القارة القطبية الشمالية، ثم تهاجر إلى الطرف الآخر من الأرض لتتغذى في الصيف في القارة القطبية الجنوبية. وهي بذلك تتغذى بمساحات من ضوء النهار أكثر من أي كائن حي آخر.



## الدب القطبي

الفرز الغليظ وطبقات الدهن تحت الجلد تحفظ

للدب القطبي (ثالاركتوس ماريتموس) دفء في المنطقة القطبية الشمالية؛ كما إن الدهن مضد احتياطي للطاقة. وقد تغاشى ذكور الدببة القطبية على فصوص المثلثات (عجول البحر) بطيلة الشتاء.

جليد صاف  
فوق الماء

كتل وجبال  
جديدة لفصلت  
عن الجليد  
المتراكم

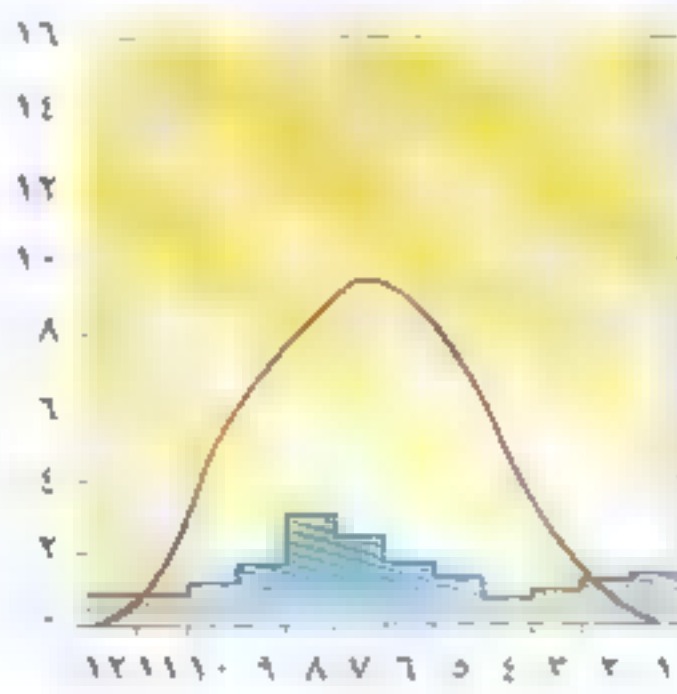
## الخوت الأبيض

الدلفين (أو الخوت) الأبيض (دلفينا ترمس لوكاس) قد يظل في مياه القارة القطبية الشمالية على مدار السنة، رغم أن معظم الحيتان تزور هذه المنطقة صيفاً فقط. وتغذي الدلافين البيض بصورة رئيسية بالأسماك، كالقذ والهلبيوت والحدوق.

المعدل الشهري لدرجات الحرارة وكميات المطر في جنس  
يكون، بالانكا

كمية المطر: بالم

درجة الحرارة: نس



## المناخ

مناطق القطبين والتندرا قارسة البرد. ونسائط المطر والتلج فيها قليل لأن الهواء البارد لا يستطع حمل الكثير من الرطوبة. وقد تقل كمية الثلج الساقط حول القطبين عن كمية المطر الساقط في الصحراء الكبرى. وتكون كل من منطقتي القطبين مظلمة كل الوقت طوال الشتاء فيها، أما في صيفها، فتضيء الشمس ٢٤ ساعة في اليوم.





أَيُّمِلُ الرُّتَّةَ (رَنْجَبُورَ تَارَانْدُوسَ)  
أَكَلْتُ الْحَرَازَ الشَّعْبَقَ فَعَدَا لَحْمُهَا  
مَعَامَا غَيْرَ صَالِحٍ لِلْأَيْلَانُوتِيِّينَ.



**دراسة طبقة الأوزون**  
يُضدّ العلماء المتطعنين القطبيين الشماليّة والجنوبيّة لدراسة طبقة الأوزون. فيقومون بإجراء التجارب، على الأرض أو في مناطق، لاختيار ثلوث الهواء وكميّة الأوزون. إنّ مشكلة الأوزون فوق القطبين خطيرةٌ تفاقمها ظروف الطقس القسوى. فمستويات الأشعّة فوق البنفسجيّة العالية، المُنسبة إلى الأرض تُصيرُ بالفوازيّ البحريّة، مُعطلٌ بدايات الكثير من السلاسل الغذائيّة.



المبطل رفق

تُسَوِّطُ الطَّارِقُ بَصَفَ الكُرَّةِ الجنوبي من  
ارخبيل جلابجورم حتى المناطق القطبية.  
وهي لا تستطيع الطيران، لكنها سباحة ماهرة  
تستخدم أجنتها كزعانف لتجذيف، وهي  
تلازم الشواطئ لوضع البيض وتربية  
الفرخ. والبعض منها كطاريق الأديلي  
(تيلجوسيليس أديلي) يسير إلى مواقع  
التفتيش أكثر من ٢٥٠ كم.

تَزِيدُ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ انْظُرْ

الطَّاقَةُ التَّرْوِيَّةُ ص ١٣٦

الْفُضُولُ ص ٢٤٣

الْمَنَاحُ ص ٢٤٤

نِظَامُ التَّغْلُ فِي الشَّجَرَاتِ ص ٣٤١

النَّشْرُ وَكَوْنُهُمْ ص ٣٧٤

النَّسْلَانِ وَالشَّجَرَاتُ الْغِذَائِيَّةُ ص ٣٧٧

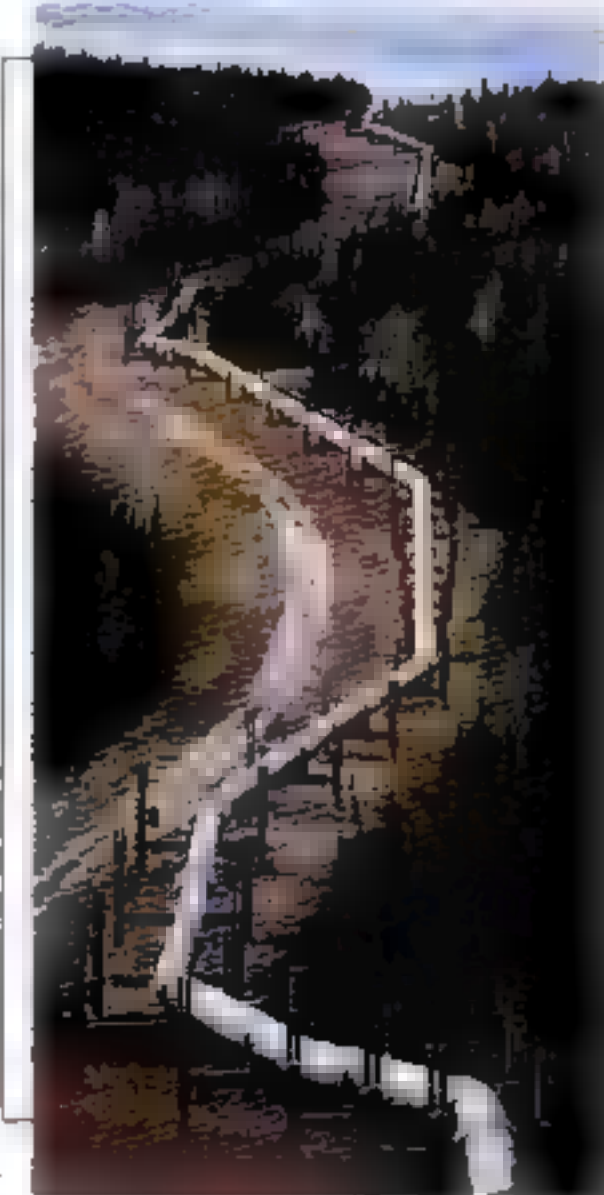
الْمُهْجَرَةُ وَالْإِنْسَانِ ص ٣٨١

**سِلْسَلَةُ النَّفْثَاتِ**  
 في العام ١٩٨٦، انفجر المفاعل النووي في  
 محطة القدرة في شرمبول بأوكرانيا، فتلوثت  
 الهواء بجزيئات ضخمة من الإشعاعات  
 الخطيرة، امتصتها النباتات فسرُبت إلى  
 السلسلة الغذائية. فالإشعاعات التي امتصتها  
 ضحائث الرتبة، مثلاً، انتقلت إلى أيايل الرتبة  
 ومنها إلى البشر.



ذكر  
الخيدر

تحت سطح  
التندرا بقليل  
توجد طبقة دائمة  
التجمد تدعى الارض  
الجمودية. في الصيف،  
تسوح التربة فوق الارض  
الجمودية، لكن المياه لا تجد  
لها مخرجاً، فتتجمع فوق  
السطح مكونة بركاً مستنقعية.



طُحِبَتِ الرِّثَةُ الْخَرَّازِي  
(من نوع كِلَادُونِيَا)  
أَمْسَتْ إِشْعَاعَاتُ خَطَرَةٍ  
مِنَ الْهَوَاءِ.



تستوطن نيران الجح (أوفيسوس موسكاشير) مناطق الشدرا القطبية  
وهي ذات كساء ضوئي تغزوه طبقات سميكه من الشعر  
تحت الجلد. في الشتاء، تُزيل النيران بكسوة  
فوقية طويلة من الشعر الضامد بفرج. وتتجمع  
النيران في حلقوة توشطها صغارها طلباً  
للدفء، وأثناء من الطقوس.

يُطْعَمُ الْعَبْدَ

في الضيف، بها جوف العنبر  
(شومانيا فولنيينا) التمنين في  
المنطقة القطبية الشمالية. فبط  
الأني الغش بريش زغب ثقبه من  
صدرها ينحفظ به دفء البوص.



أَرْضِي التَّنْدَرَا

التدرا أراضٍ قاحلةٌ تُناخِمُ النظامَ البيئيَ القطبيَّ الشماليَّ، يُغطِّيها الخزازُ وجنباثٌ صغيرةٌ تنمو في تجمُّعاتٍ كثيفةٍ خفيفةٍ بعيدًا عن مهبِّ الرِّيح. وأوراقُ الشَّجَرِ صغيرةٌ تمنعُ فقدَ الماءِ المُفْرِط. في الصَّيفِ، تَقْصُرُ الحشراتُ، كالبعوضِ والذَّبَابِ الأسودِ من بيوضها المُغَرَّرةِ في التُّربةِ؛ فتمتدِّي بدمِ الثَّوبانِ الكبارِ، كأيايلِ الرُّثَّةِ؛ وهي بدورها تَعْدُو طعَامًا لِلطُّيُورِ.

## ثيرانُ المسك

تستوطن بيران البلط (أوفيس موسكاس) مناطق الشدرا الغطية.

وهي ذات كساء ضوئي تغززه طبقات سميكه من الدخان  
تحت الجلد. في الشتاء، تسربل الثيران بكسوة  
فوقية طويلة من الشعر الضامد بترجيع، وتتجمع  
الثيران في حلقو ترشفتها صغارها طلباً  
للدفء، وأنقاء من الضواري.

نَطُّ الْعَبْدِ

في الضيف، بها جوف العنبر  
(شومانيا فولنيينا) التمنين في  
المنطقة القطبية الشمالية. فبط  
الأني الغش بريش زغب ثقبه من  
صدرها ينحفظ به دفء البوص.

أخطارُ تهْدُدُ المناطقَ القطبيةَ

يَعْتَدُ خَطُّ أُنَابِيْبِ التَّنْطِ عِزُّ  
الْإِسْكَانِ مَسَافَةٌ ١٣٠٠ كم -  
مُتَجَنِّبًا أَمَاكِنَ تَعْسِيسِ الطُّيُورِ  
النَّادِرَةِ، وَمُخْشِرًا فِي أَمَاكِنَ  
أُخْرَى لِيَسْمَعَ بِمَرُورِ الْحَيَوَانَاتِ  
الْمُهَاجِرَةِ تَحْتَهُ. لِكَيْلَ إِنْشَاءِ خَطِّ  
الْأُنَابِيْبِ هَذَا أَضُرَّ بِالْبَيْئَةِ وَشُؤْنِ  
طَرِيقِ الْمُهْجَرَةِ التَّقْلِيدِيَّةِ. كَمَا أَنَّ  
الطَّرِيقَاتِ الَّتِي شُقَّتْ عَلَى مَقَرَّتِهِ  
مِنَ الْخَطِّ فَتَحَتْ الْمُنَاطِقَةَ  
لِلصَّيَادِينَ الْمُتَعَصِّصِينَ.



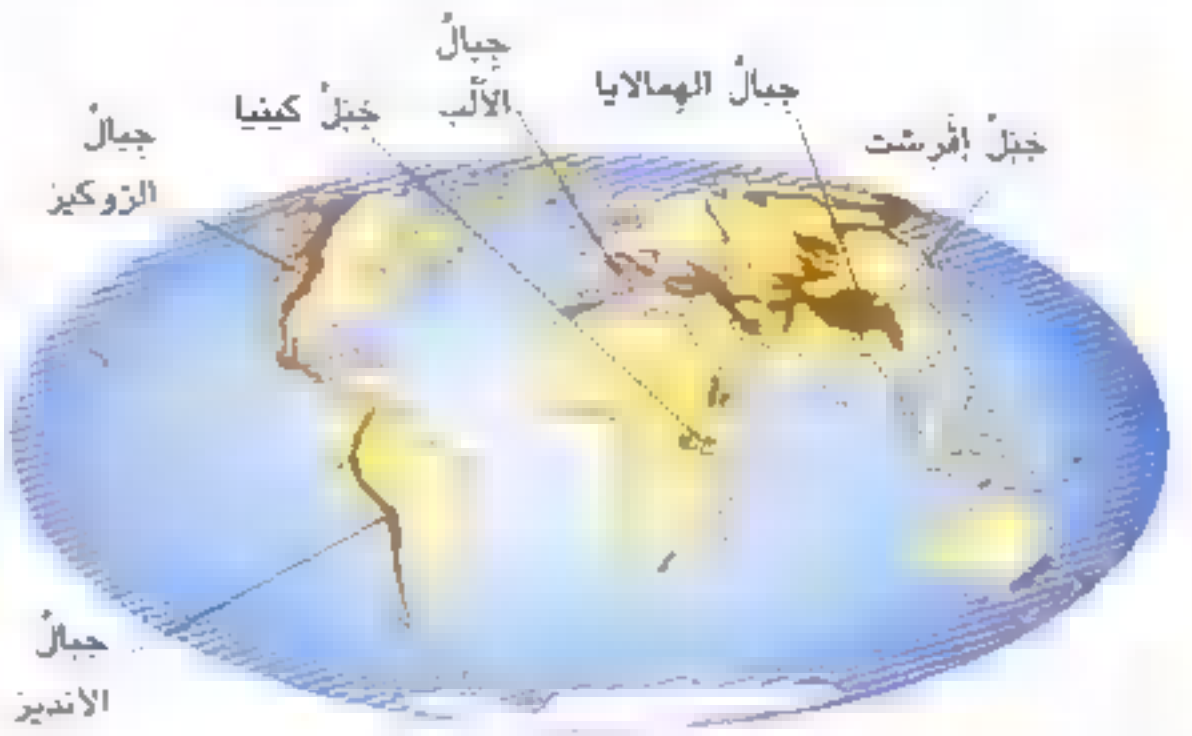
لَا تُؤْمِنُ إِلَّا الْإِسْلَامُ

نقصي اللواميس، كلاً موس الشرويح (لموس  
الموس)، معظم حياتها مُستَرة بين النباتات أو  
مُخبئة تحت سطح التربة. في الشتاء، تحفر  
اللواميس نفقاً تحت الثلج كغارٍ يقبها من  
البرد القارس. ويتباين عدد اللواميس بقلّة أو  
ازدياداً - بالغا أوجه كل أربع سنوات تقريباً.

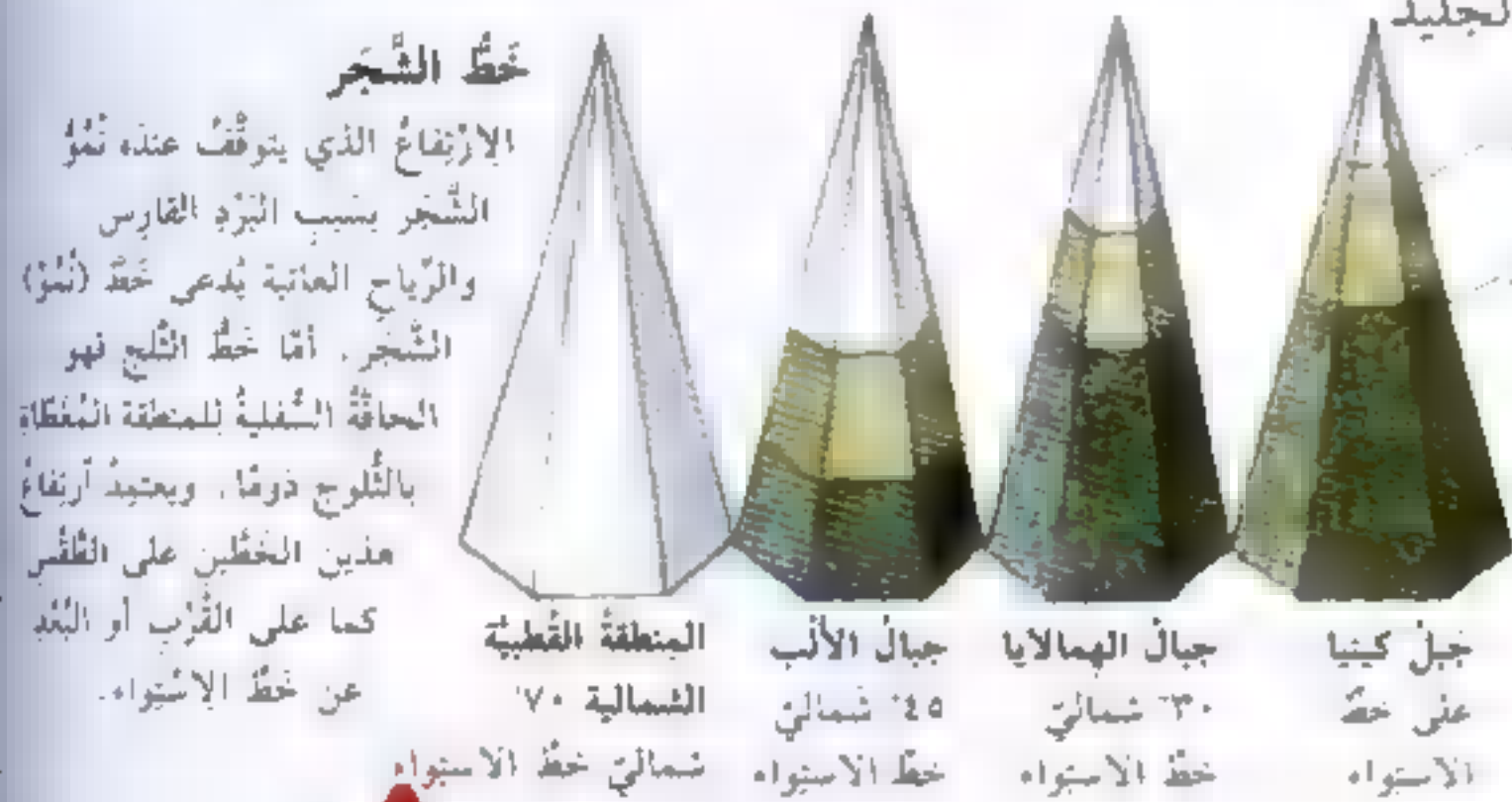


# الجبال

مُنَاحِيًا، صُعودُ الجَبَلِ أَشْبَهُ بِالْإِنْتِقَالِ عَبْرَ الْأَرْضِ مِنْ خَطِّ الْإِسْتِوَاءِ إِلَى أَحَدِ الْقُطْبَيْنِ - تَغْبُرُ فِيهِ جَمِيعُ الْأَنْظِمَةِ الْبَيْئَةِ الرَّئِيسِيَّةِ مِنْ حِرَاجٍ فِي الْمُنْحَدَرَاتِ الْخَفِيفَةِ إِلَى شُهُوبٍ عُشْبِيَّةٍ وَتَنْدُرَا وَثُلُوجٍ. وَتُجَابُهُ الْأَحْيَاءُ الْبَرِّيَّةُ فِي الْمُنْحَدَرَاتِ الْأَعْلَى دَرَجَاتِ الْحَرَارَةِ الْجُمُودِيَّةِ وَالرِّيَّاحِ الْعَاتِيَةِ وَالْهَوَاءِ الْمُخْلَجِلِ. وَتَنْمُو النَّبَاتَاتُ فِي تَجْمُعَاتٍ كَثِيفَةٍ ذَاتِ أَوْرَاقٍ غَلِيظَةٍ زُغْبِيَّةٍ تُخْتَسِرُ الْحَرَارَةَ وَتَقْلَلُ فَقْدَ الْمَاءِ. وَيَغْلِبُ تَوَاجُدُ الْحَشَرَاتِ اللَّاجِنَاحِيَّةِ - كَوْنِ الرِّيَّاحِ الْقَوِيَّةِ لَا تُؤَانِي الطَّيْرَانَ. وَبَعْضُ اللَّبُونَاتِ الْجَبَلِيَّةِ مُهَيَّأَةٌ بِقُلُوبٍ وَرَنَاتٍ كَبِيرَةٍ تُسَاعِدُهَا فِي الْحُصُولِ عَلَى كِفَايَتِهَا مِنَ الْأَكْسِجِينِ فِي جَوٍّ قَلِيلِ الْكثَافَةِ. وَغَالِيًا مَا يُغْطِيهَا كِسَاءٌ قَرَوِيٌّ يَبْقِيهَا شِدَّةَ الْبَرْدِ؛ وَقَدْ يَبْيَضُ لَوْنُ هَذَا الْكِسَاءِ شِتَاءً تَمُوبَهَا لَهَا فِي بَيْئَةِ



توزُّعُ الجبالِ الرَّئِيسِيَّةِ فِي الْعَالَمِ



## خطُّ الشَّجَرِ

الارتفاع الذي يتوقَّف عنده نموُّ الشَّجَرِ بسببِ البَرْدِ الْقَارِسِ وَالرِّيَّاحِ الْعَاتِيَةِ يُدْعَى خَطُّ الشَّجَرِ. أَمَّا خَطُّ الثَّلْجِ فَهُوَ الْحَاكَةُ السُّفْلَى لِلْمَنْطِقَةِ الْمُغَطَّةِ بِالثَّلُوجِ ذَوَاتِهَا. وَبِعَتِيدِ ارْتِفَاعِ هَذَيْنِ الْخَطَّيْنِ عَلَى الطُّغْرِ كَمَا عَلَى الْقُرْبِ أَوْ الْبُعدِ عَنْ خَطِّ الْإِسْتِوَاءِ.

## من الثَّلْجِ وَالْجَلِيدِ

خطُّ الثَّلْجِ  
خطُّ الشَّجَرِ

نَمُو الثَّلْجِ الْمُرْقَطِ (بَانْتَرَا أَشِيَا) ذُو كِسَاءٍ كَثِيفٍ يَحْفَظُ لَه دِفْءًا

الشَّمْسُ الْمَلْتَحِي (جِيْبِيْنُوس بَارِيَاتُوس) يُخَلِّقُ مَعَ تَيَّارَاتِ الْهَوَاءِ الشَّاحِنِ الصَّاعِدَةِ قُرْبَ الْقُبَمِ

ثُلُوجٌ وَضُخُورٌ لَا مَجَالٌ لِلْكَائِنَاتِ الْحَيَّةِ فِيهَا

التَّنْدُرَا - مَخُور عَارِيَّةٌ وَثَوْبَةٌ مُتَجَمِّدَةٌ.

تُوزُّ الشَّيْبَتِ (بَنْدُوكَاسُ تَكْسِيْكُور) ذُو قَوَائِمٍ قَوِيَّةٍ وَحَوَافِزٍ كَبِيرَةٍ تُحْكَمُ مِنْ تَسْلُقِ الْمُنْحَدَرَاتِ الشَّدِيدَةِ الْإِنْجِدَارِ.

جَنَابَاتُ خَفِيفَةِ الثَّمَرِ - كَالْوَرْدِيَّةِ (رُودُونْدُورُون) وَالْفُورْغَرِ وَالْبَتُولَاءِ الْفَرَمَةِ.

الْبُنْدَا الْأَحْمَرُ (إِيلُورُوس فُلْجَنْس) مُتَسَلِّقٌ مَاهِرٌ.

## الْمَنَاطِقُ الْجَبَلِيَّةُ

الْجِبَالُ عَمُومًا ذَاتُ نُطْقٍ عَرِيفَةٍ مُتَمَيِّزَةٍ، لِكُلِّ مِنْهَا نَبَاتَاتُهَا وَحَيَوَانَاتُهَا. فِي جِبَالِ الْهِمَالَايَا عَلَى الْخُدُودِ بَيْنَ الْبَنِيَالِ وَالْهِنْدِ نَجْدُ غَابَاتٍ نَفْصِيَّةٍ دَافِتَةٍ فِي النِّطَاقِ السُّفْلِيِّ؛ يَلِيهِ نِطَاقٌ أَكْبَرُ مِنَ الْجِرَاجِ الصُّنُوبَرِيَّةِ. وَيَقَعُ خَطُّ الشَّجَرِ عَلَى ارْتِفَاعِ ٣٤٠٠ مَ تَقْرِيبًا. وَفَوْقَ هَذَا الْخَطِّ نَجْدُ قَطَطِ جَنَابَاتٍ وَجَنَابَاتٍ خَفِيفَةِ الثَّمَرِ، تَتَدَمَّجُ مَعَ الشُّهُوبِ الْعُشْبِيَّةِ وَالصُّخُورِ الْعَارِيَةِ تَحْتَ الْقَبَمِ الْمُغَطَّةِ بِالثَّلُوجِ.

## أَخْطَارُ تَهْدُدُ الْبَيْئَةَ الْجَبَلِيَّةُ

الْأَنْظِمَةُ الْبَيْئَةُ الْجَبَلِيَّةُ أَقْلُ تَعَرُّضًا مِنْ سِوَاهَا لِلْأَخْطَارِ الْمَائِلَةِ. فَالْكَثِيرُ مِنَ الْجِبَالِ غَدَا الْمَلْجَأِ الْأَخِيرِ لِأَنْوَاعٍ نَادِرَةٍ مِنَ الْكَائِنَاتِ الْحَيَّةِ. لَكِنْ بَعْضُ الْغَابَاتِ الْجَبَلِيَّةِ وَجُرُودِ الْجَنَابَاتِ طَائِلَتُهَا يَدُ التَّدْمِيرِ لِإِنْشَاءِ مُتَجَمِّعَاتٍ وَمِرَاقٍ لِلتَّلْزَلِ. وَفِي سَبِيلِ هَذِهِ الْإِنْشَاءَاتِ، مِنْ مَبَانِي وَطُرُقٍ وَمُنْحَدَرَاتٍ تَزْلُجُ، تُبَادُ نَبَاتَاتُ جَبَلِيَّةٌ فَرِيدَةٌ وَتُجَرَّفُ تُرْبٌ رِخْوَةٌ هَشَّةٌ - مَعَ مَا يَجْرُهُ ذَلِكَ مِنْ خَلَلٍ وَخَطَرٍ عَلَى الْأَحْيَاءِ الْجَبَلِيَّةِ الطَّبِيعِيَّةِ.

سَهْبٌ عُشْبِيٌّ أَلْبِيٌّ - يَرْخُرُ بِالْأَزْهَارِ وَالْحَشَرَاتِ فِي الصَّبْفِ.

يَعِيشُ الْجَمَارُ الْبَرِّيُّ (اَكُوسُ هَمِيُونَس) فِي أَعَالِي الشُّهُوبِ الْعُشْبِيَّةِ صَبْفًا وَيَزْجُلُ إِلَى مَسْتَوِيَّاتٍ أَدْنَى فِي الشِّتَاءِ.

غَايَةُ صُنُوبَرِيَّةٌ بَارِدَةٌ - مِنْ أَشْجَارِ الْأَزْزِ وَالصُّنُوبِيرِ وَالْتُنُوبِ.

لَنْفُورِ الْهِمَالَايَا (بِرْسَبِيْنُوس إِنْتِلَس) يَتَنَقَّلُ ضَعُودًا وَهَبُوطًا فِي الْجَبَلِ مَعَ تَغْيِيرِ الْفُضُولِ.

## لِمَزِيدٍ مِنَ الْعُلُومَاتِ انْظُرْ

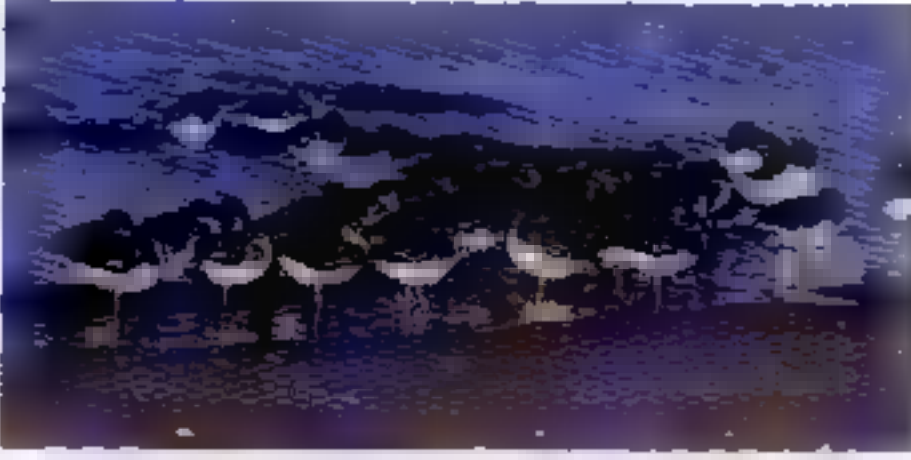
- المُنَاحُ ص ٢٤٤
- الثَّلْجُ ص ٢٦٦
- الصُّنُوبَرِيَّاتُ ص ٣١٧
- الْمُؤَنُّ وَالشُّمُوبُ ص ٣٨٠
- مَنَاطِقُ الْقُطْبَيْنِ وَالتَّنْدُرَا ص ٣٨٢
- الشُّهُوبُ الْعُشْبِيَّةُ ص ٣٩٢
- غَابَاتُ الْمَنْطِقَةِ الْمُغَطَّةِ ص ٣٩٦

غَايَةُ نَفْصِيَّةٌ مُغَطَّلَةٌ - مِنْ الْبُلُوطِ وَالْوَرْدِيَّاتِ الْخَلْجِيَّةِ (رُودُونْدُورُون)

غَايَةُ نَفْصِيَّةٌ شَبِيهَةٌ مُغَطَّلَةٌ - مِنْ أَشْجَارِ السَّالِ وَالْأَرْجُونِ وَالشَّاحِ



# الشواطئ



مصبّات الأنهر

تلتقي الأنهار بالبحر في مصباتها. وقد تُشاهد الطيور الخواضة كالقطاوى الأحمر الشافين (ترنجا توناس)، سائرة عبر المياه الضحلة بحثًا عن الغذاء في الزحل بمناقيرها الطويلة. ومصبات الأنهر كبيرة الأهمية للطيور المهاجرة شتاءً - إذ إنّ الكثير منها يقطع رحلته عندها للراحة والإغذاء.

جذور النجيليات اليفة  
الرّملي (الموفيل أرناريا)  
تمتد تحت الرّمل في  
شبكة كثيفة يتماسك  
الرّمل بها.



غاق شافين

طيور البحر كالغاق الشافين (فالأكروكوراكس أريستوتليس) والبقر (فرايزكيولا أركتيكا)، تُعشش على الجرف في مامنٍ من الأعداء.

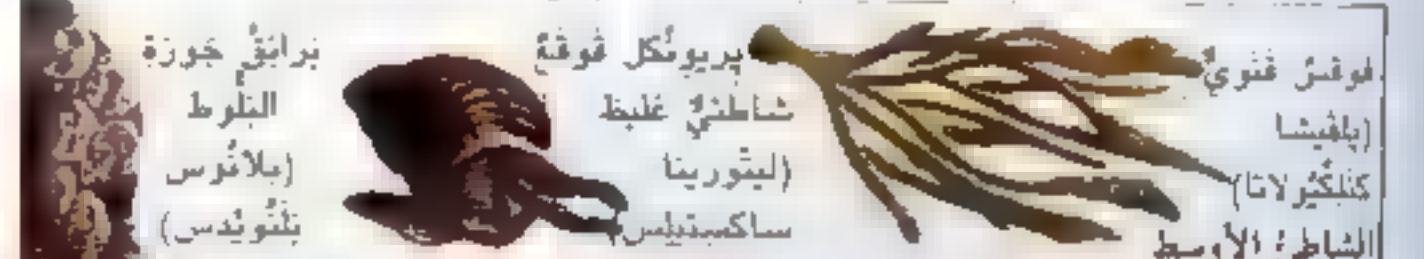


خلال النهار، يظل الشرطان المفتح (كوريسشيس كاسيفيلوس) قابعا تحت الرّمل؛ وهو يتنفس بسحب الماء غير منبثبه الانتوبيي الشكل الذين يبرز رأسهما فقط إلى الماء.

## الرّمال الحوّلة

تحت رمال الشاطئ تتواجد كائنات كالديدان والمخارات منجمّة من ذلك الأمواج ومن تجفاف الهواء عند انحسار المد. ويستضيف الكثير من هذه الحيوانات فئات الغذاء من الرّمل ومن ماء البحر. كما تُغطي الطحالب المجهرية سطح الرّمال أو تطفو في الماء.

### الشاطئ الأعلى



## أخطار تهدّد الشواطئ

قد يعكس إنشاء الفنادق والمطارات، على الشواطئ، تهديدًا للبيئة الطبيعية فيها، إذ إنّ الكثير من الطيور والزواحف التي تستوطن (أو تُعشش قرب) الشواطئ يُزعجها الضجيج والأنوار الشاطئة. فاللجأ (السلاحف البحرية) الضخمة الرأس (كارثا كارثا) التي تقصد الشاطئ، في جزيرة زاكشس اليونانية، لوضع البيض، قلّ تعدادها في المناطق السياحية، مما اضطرّ حماة الطبيعة إلى حماية مواقع تعشيشها. كذلك تتعرّض الشواطئ للخطر من مكبات القاذورات والمجارير والإنسكابات النفطية خواليجها.

فرع لحاق ضخمة الرأس



المحار الثلبيّة الرقيقة (تليونا تلويس) تحفر في الرّمل من الشاطئ الأوسط إلى المياه الضحلة. وهي تستقطب الغذاء من قاع البحر بمشعب ماص.



الديدان الغزويّة (أرينيكولا مارينا) تعيش في جحر نوني الشكل تخفيّه في الرّمل.

بطليوس (باتيلا إنترمديا)

## المناطق الشاطئية الصخرية

تتميّز المناطق الشاطئية الصخرية عادةً بأصناف الطحالب البحرية النامية عليها. فالطحالب الخضراء تنمو على مقربة من أعلى الشاطئ، وتنمو الطحالب البنية على مقربة من أسفله. وتعيش حيوانات مختلفة في كل منطقة تبعًا لمدى إمكانياتها العيش خارج الماء.

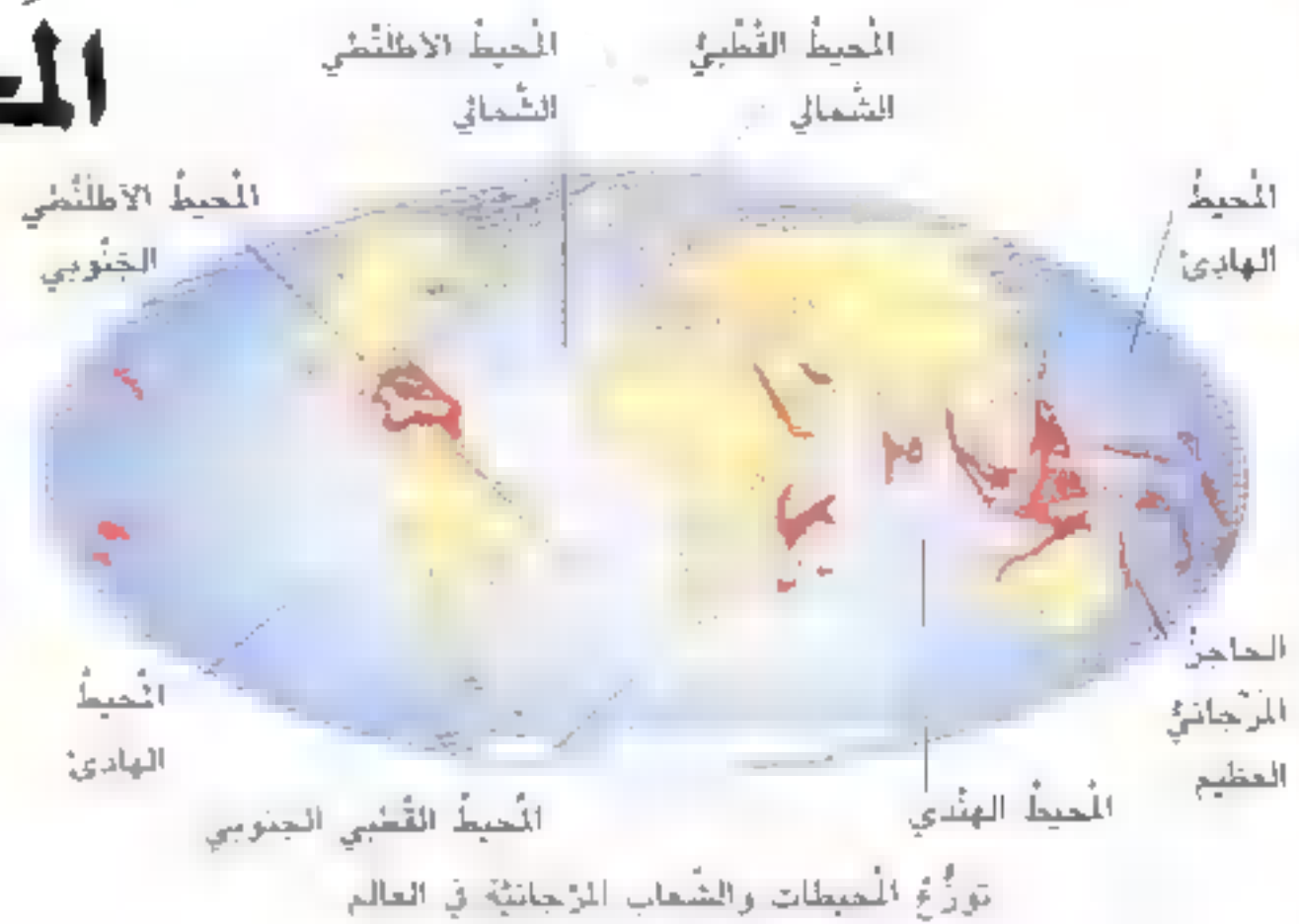
### لزيد من المعلومات انظر

- خط الساحل ص ٢٣٦
- الهجرة والانبثبات ص ٣٨١
- المحيطات ص ٣٨٦
- الأنهر والبحيرات ص ٣٨٨
- حقائق ومعلومات ص ٤٢٤



# المحيطات

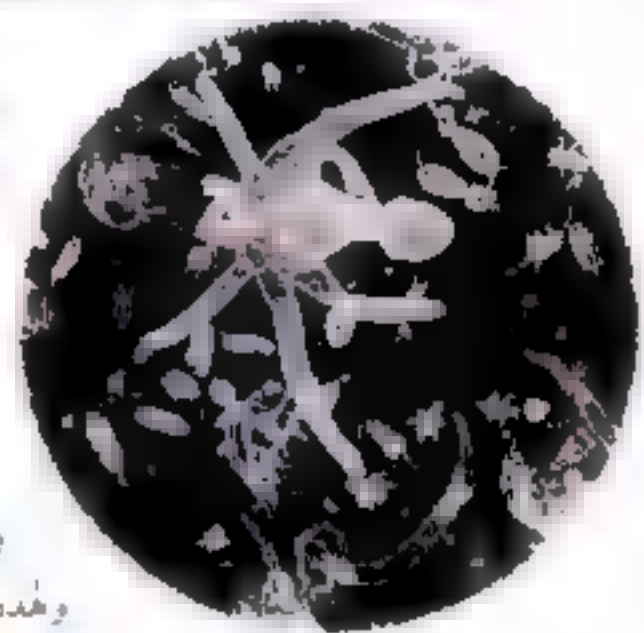
تُغطّي المحيطات ما يفوق ٧٠٪ من سطح الأرض - وهي بذلك تُؤلّف النظام البيئي الأعظم فيها. وتتواجد الأحياء في هذا النظام حتى عمق ٤ كم أو أكثر. وتتركز قيعان المحيطات بالمُغذيات بفضل ما يتساقط إليها دوماً من فُتات الطعام ونُجُج الحيوانات وبقايا الكائنات الميّنة من حيوان ونبات. وتتعدّد أنواع المَواطِن في المحيطات من صحارٍ رملية وجبالٍ ضخمةٍ إلى شُعب مُرجانية ومياهٍ مَفتوحةٍ لِمُختلف السّيارات. والمحيطات لا تحوي الكثير جداً من الأنواع؛ فلا تتجاوز أنواع الكائنات فيها ٢٠٪ من مجموع الأنواع الحيّة على الأرض - تسعة أعشارها تستوطن القيعان.



المحيطات مُتصلة بعضها ببعض، فتستطيع الحيوانات التنقّل بينها، وقد يشغل المجال البيئي المعبر نفسه نوع واحد من المُتعضيات على نطاقٍ عالمي.

المحيطات الأبرد أغنى بالعوالق النباتية بفضل وفاء المُغذيات الضرورية لعملية التخليق الضوئي، كالفسفور والنيتروجين، فيها.

معظم التسلسل الغذائية المحيطية تبدأ بالعوالق المجهرية في النطاق المُضاء. والعوالق النباتية، كالدائيات (الطحالب الوحيدة الخلية) تُوفّر غذاءً للعوالق الحيوانية (الحيوانات الدقيقة). وتشمل العوالق الحيوانية أعداداً كبيرة من يرقات بعض الحيوانات كالقُرَيْدس والسرطان؛ وهي تُوفّر غذاءً لأنواع مختلفة من الأسماك. وهذه الأسماك بدورها تأكلها أسماكٌ وثوناتٌ بحريةٌ أخرى.



## النُطق المحيطية

هناك نوعان رئيسيان من العوالق البيئية في المحيط هما الماء نفسه أي المَوطن البَحري، والقعر أو المَوطن القاعي. ويُقسّم المَوطن البَحري إلى عدّة نُطقٍ أعماقية. في الماء الرائق يصل ضوء الشمس إلى عمق ١٠٠ م تقريباً، أمّا في المياه المُوحلة فقد لا يتلخّث المِشر. وهذا النطاق الرفيق الذي نستطيع فيه النباتات القيام بعملية التخليق الضوئي، يُدعى النطاق المُضاء. ويلمح سقلاً، حتى عمق حوالي ٢٠٠٠ م، نطاقٌ نحبي قليل الضوء جداً أو غديمه. أمّا نطاق الأعماق الغورية في المحيطات فقد يمتد إلى أكثر من ٦٠٠٠ متر عمقاً.

## كيمائيات الأعماق

في قاع المحيط الهادئ تتواجد سُفوق في القشرة الأرضية تتفجر منها مياهٌ حارّة، غنيّة بالمركبات الكيميائية، غير فجوات أنبوتية طويلة. وعلى مقربة من هذه الحمّات تعيش حيواناتٌ بامتصاص الكيمائيات المُذابة في الماء؛ كما تقوم البكتيريا بتحويل هذه الكيمائيات في أنسجتها إلى طاقة تُحتاجها تلك الحيوانات.



التسلسل الغذائية قُرب فجوات هذه الحمّات تبدأ بالبكتيريا التي لا تحتاج ضوءاً لعملية التخليق الضوئي.

تعيش قُرب فجوات الأعماق الأنبوتية ديدانٌ عملاقة (ريفتيا باتكيتلا) قد يبلغ طول الواحدة منها ٢ أمتار.

حياتُ العنبر (فيسنر كُثودون) تُغذّي بالشبيذ بصُورة رئيسية وباستطاعتها الغوص إلى عمق ١٠٠٠ م على الأقل بحثاً عن فرائسها. وتُستخدَم في ذلك نظام سِنير بالصدى (سونار) بالغ الجذوى للبحث عن الطعام في ظلمة الأعماق.



## إيجاد الطعام

إيجاد الطعام عسير في أعماق المحيطات المُظلمة. وهكذا نجد أسماك الأعماق، كسمك «أبو شمس» (ملانوكوتس جونسوني)، مُهيأة برواد تولّد بها أضواءٌ تجذب الفرائس، ويمدّ ضخمته لاستيعاب أكبر كميةٍ من الطعام.

أخاديد الأعماق المحيطية تُؤلّف ما يُسمى النطاق الجهنمي، والمعروف أنّ الأخدود الأعماق هو أخدود مارياناس في المحيط الهادئ، ويبلغ عمقه ١١٠٣٤ م؛ أي إنّ مؤشّره استيعاب جبل إفرشت.



## الشعاب المرجانية

الحاجز المرجاني العظيم في أستراليا هو الشعب المرجاني الأصخم في العالم. وتحتوي الشعاب المرجانية أنواعاً عديدة من الحياة البرية - رغم أنه لا تتوافر مغذيات كثيرة في مياهها، فمغذيات الشعاب تُعيد تدوير هذه المغذيات سريعاً جداً فلا يُهدر منها شيء. ويُقتصر غرض الشعاب المرجانية على المياه المالحة الدافئة النقية التي لا يزيد عمقها على ٣٠ م - حيث تصلها وفرة من نور الشمس. وتستوطن أجسام الشعاب طحالب متنوعة تحتاج ضوء الشمس لتخليق غذائها. والشعاب المرجانية مهددة بأخطار التلوث والتعدين وارتفاع مستويات البحار بسبب ظاهرة الدفنيات.

المرجانيات حيوانات دقيقة تستضيء الغذاء من الماء بلواميس متحركة. وتتراكم هياكل المرجانيات لتكوّن شعاباً أو روائب مرجانية.

المياه الضحلة قرب القارات تزخر بالمغذيات المنجرفة من البر. وتعمل العواصف على مزج المياه رافعة المغذيات إلى سطح الماء.

يتكوّن الشعب المرجاني بتراكم هياكل المرجانيات عبر آلاف السنين.

يُزوّج من القارات تحت المحيطات طُلُق ضيق من البر يُدعى الرصيف وتؤلف المياه الضحلة فوق هذا الرصيف المنطقة تحت الشاطئ.

## جاك إيف كوستو

اشتهر الفرنسي جاك كوستو (١٩١٠-١٩٩٧) باستكشافاته تحت الماء. ففي أوائل الأربعينيات من القرن العشرين طوّر رنة الغوص (بالتنفس تحت الماء)

بمعاونة المهندس الفرنسي إميل جانيون، فشجع ذلك الكثيرين على استكشاف المحيطات - بما زاد كثيراً في معارفنا عن الحياة في أعماق البحار. كذلك ساعد كوستو في تطوير كاميرا صامدة للماء، وأنتج عدّة أفلام تُصوّر الحياة تحت الماء - من ضمنها «العالم الصامت». وقد قام كوستو بحملات مضادة لأعمال التعدين في القارة القطبية الجنوبية.

يجري معظم صيد السمك في المياه الضحلة على مقربة من حواف القارات.

## أخطار تُهدّد المحيطات

أخطر ما يُهدّد النظم البيئية المحيطية هو التلوث بالنفط وأقدار المجاري والتفاريق الصناعية. كذلك فإن التزايد المطرد في أعمال ووسائل صيد الأسماك والحيوانات وغيرها، نتيجة لتكاثر سكان العالم وكثرة الطلب على المواد الغذائية، غدا يُهدّد بقاء الأحياء المائية ومصيرها - حتى إن الأسماك انعدمت في بعض المناطق. فالشباك الممتدة التي تُنصب على مدى ٦٠ كم غير المحيط والتفتيات الحديثة المستخدمة في الصيد قلّما تترك للأسماك مجالاً للإفلات. لكن بعض البلدان أخذت تُحدّد كميات الأسماك المُسموح صيدها، وبعض هيئات الحماية تُقرض استخدام شباك واسعة الثقوب تسمح للأسماك الصغيرة بالإفلات لتكوين الجيل التالي.

## أسراب السمك

تنتج الأسماك، كالأسقمري (سكمر سكمر) قرب الشطح في المياه الضحلة. وهي تنظفي ثقب الغذاء الصغيرة من الماء بامشاط خياشيمها الفرجانية الشكل.

## لبنات المحيطات

تعيش الحيتان، أضخم حيوانات الأرض، في المحيطات - حيث المدى المائي الشاسع. لتتحركها وغوصها وحمل أجسامها الضخمة. وتستطيع الحيتان، وهي من اللبنات، البقاء تحت الماء مدة ساعة تقريباً. وعندما تصعد إلى سطح الماء للتنفس ترفرف الهواء المستهلك ويخارء المتكاثف غير منخزين في أعلى الرأس بأبخاس نافوري، ثم تأخذ هواء نفياً.

## لمزيد من المعلومات انظر

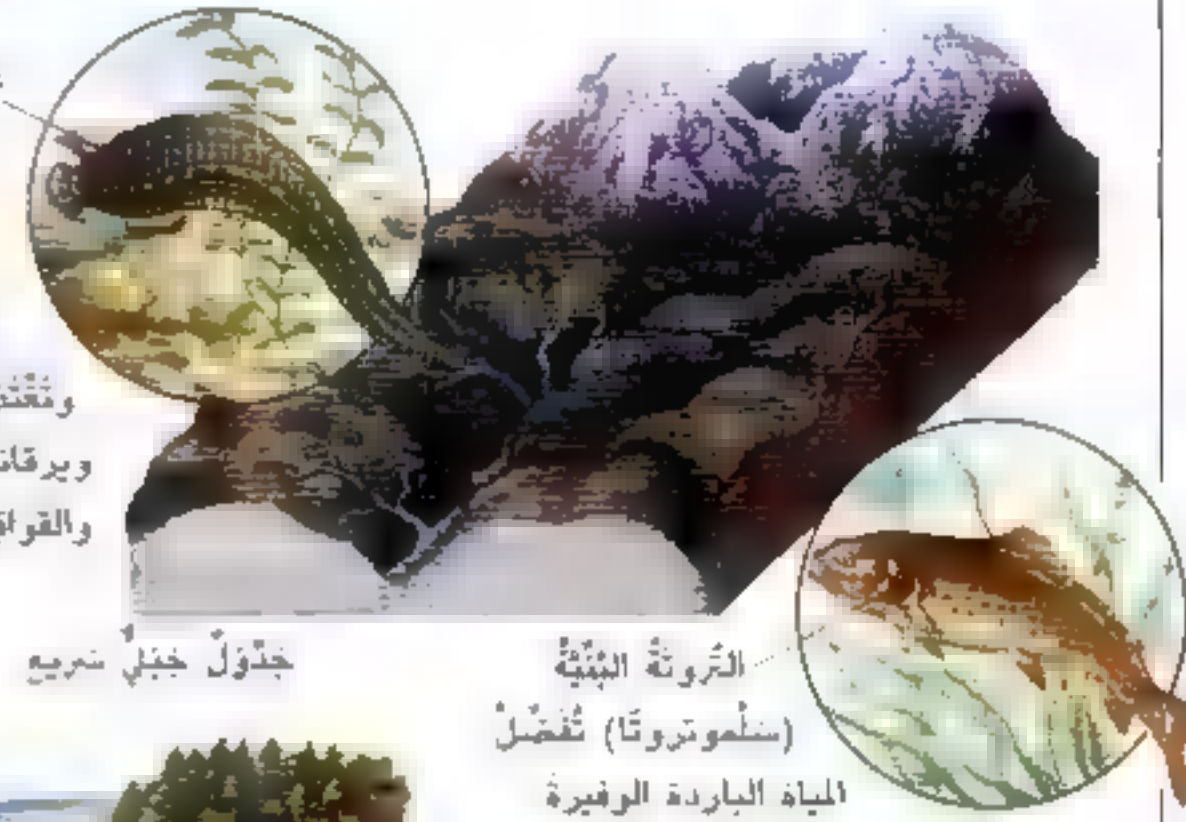
- الكبريت ص ٤٥
- البحار والمحيطات ص ٢٣٤
- المغذيات الوحيدة الخلقة ص ٣١٤
- قناديل البحر والمقاتل البحرية
- والمرجانيات ص ٢٢٠
- الأسماك ص ٣٢٦
- اللبنات ص ٣٣٤
- التخليق الضوئي ص ٣٤٠
- الاعتداء ص ٣٤٣



# الأنهار والبحيرات

المياه الرائدة في البرك الصغيرة والبحيرات الضخمة، كما المياه الجارية في الجداول الجبلية والأنهار العريضة، كلها نظم بيئية من المياه العذبة. بعض هذه المنظومات موسمي التغير، وبعضها يتغير باستمرار. فالطقس والعوامل الطبيعية، كالتحات، تؤثر في كمية المياه في كل منطقة. فالأنهار تغير مجاريها، وبحيرات جديدة تتكون؛ وهذه قد تمتلئ بالمواد الغرينية المترسبة وتتحوّل إلى أرض جافة. وبعض هذه البرك والجداول النهرية لا تظهر إلا شتاء فتستوطنها جماعات بسيطة فقط. أما الأنهار والبحيرات الكبيرة فتضم مجموعات حيائية معقدة تنامت وتطوّرت على مدى مئات السنين.

غلة الخيل  
(هيفوبيس  
سنجويشوجا)  
تلتصق سقاطاتها  
بالحجارة،  
وتتغذى بالديدان  
ويرقات الحشرات  
والقواقع.



جدول خيلي سريع

الثروة البيئية  
(سلموترونا) تفضل  
المياه الباردة الوفيرة  
الأكسجين. وهي سباحة ماهرة تستطيع  
السباحة ضد التيارات القوية.



الثومانات البالغة  
تضع بيوضها فوق  
النباتات، لكن يرقاتها  
(الحواري) تظل في  
الماء حتى تتحوّل إلى  
حشرات بالغة.



الزرافات الآسيوية الأوروبية (السيدو أنثس)  
يعيش في الجحور بصفاف الأنهار. ويغوص في  
الماء قرابة ١٠٠ مرة يوميًا لاصطياد السمك.



نهر فني سريع

توفر نبتة لسان  
الحمل المائية (اليزما  
بلشاجو أكونيكا)  
ملاجأ للطيور، إذ  
تنمو إلى علو متر تقريبًا.



نهر بطيء بالغ



القضاة أو ثعلب الماء (لوترا لوترا)  
ذو اقدام مكثفة الاصابع تساعد في  
السباحة تحت الماء، كما يمكنه غلق  
أذنيه لمنع دخول الماء فيهما.



تعلو التيفا الغريضة الزرق  
(تيفا لاتيغوليا) إلى أكثر من  
مترين - فلا يصير لها ارتفاع  
منسوب الماء.

## الأنهار المدارية

يعيش بمساح الكينز الأسود  
(ميلانوسوكس تيجر) في  
نهر الأمازون بأمريكا  
الجنوبية. وهو اللاجم  
الأعشى في نظامه البيئي، إذ  
يلتهم كل شيء، من الأسماك حتى  
الخنازير البرية. لكنه الآن معرض للانقراض  
بفعل وسائل الصيد البشري التي تلاحقه.



## بحيرة الأرقام القياسية

بحيرة بيكان، بسيريريا، هي أقدم وأعمق  
بحيرة مياه عذبة في العالم، إذ يبلغ عمقها  
١٦٢٠ م، ويتجاوز عمرها ٢٥ مليون سنة. وتضم  
البحيرة أكثر من ١٠٠٠ نوع من الحيوانات غير  
المعروفة في أي مكان آخر في العالم. ومن  
المؤسف أن هذا النظام البيئي العظيم مهدد  
بالتلوث من فضلات المصانع والمدن  
والزراعات القائمة حول البحيرة.



تقام السدود عبر  
الأنهار لتخزين  
المياه وتوليد  
الكهرباء أو لمنع  
الفيضانات، وقد  
تفقر القرى  
والأراضي الزراعية  
بالبحيرات المتكونة.



## أخطار تهدد الأنهار

إنشاء السدود عبر الأنهار يكوّن بحيرات ضخمة  
تغير طبيعة النهر. وتوفر البحيرات المتكونة  
موطنًا بيئيًا جديدًا للأسماك، لكنها تضر  
فضاعب حياثة لبعض الحيوانات والنباتات  
الأخرى. كذلك، فإن السدود - كسد أسوان  
عبر نهر النيل، بمصر - توقف تدفق الطمي  
على امتداد النهر. وكان الطمي فيما مضى يغمر  
الأراضي الزراعية ويخصب التربة.

### لزيد من المعلومات انظر

- التجوية والتحات ص ٢٣٠
- الأنهار ص ٢٣٣
- الديدان ص ٣٢١
- المفصليات ص ٣٢٢
- الأسماك ص ٣٢٦
- الزواحف ص ٣٣٠
- السلاميل والشيخات الغذائية ص ٣٧٧



# المناطق الرطبة

تغطي المناطق الرطبة - من المناطق العشبية والسبخات الخثية والمغاض الدغلية، العذبة أو المالحة المياه - قرابة ٦٪ من سطح الأرض. وتؤلف على اختلافها بعضاً من أغنى النظم البيئية في العالم. فهي الأكثر إنتاجاً للمواد النباتية بين تلك النظم، وتستوطنها مجموعات متنوعة من صغار اللبونات ومن الطيور والحشرات واللافقاريات الأخرى. وتقيدها أسراب الطير المختلفة للتعشيش حيث الأعداد قليلة فيها، فالضواري الكبيرة تغوص في تربتها الرخوة وتتعلل حركتها. وبسبب تغير مستويات الماء في المواسم المختلفة ينبغي للأحياء البرية، هنا، التأقلم للعيش في ظروف الرطوبة والجفاف السائدة.

## أبل المناطق (سيتانجا)

أبل المناطق (تراجيلافوس)  
سكي (الإفريقي ذو  
أطراف مقلطحة لا  
تغوص في الأراضي  
المنقعة. وهو سباح  
ماهر ويا مكانه إذا داهمه  
الخطر، القفطر في الماء فلا  
يظهر منه إلا طرف أنفه للتنفس.



خروف البحر لنور مائي العيش  
يتنفس الهواء. وقد يبقى تحت الماء  
قرابة ١٥ دقيقة قبل أن يطفو للتنفس.



تطير فراشة الرزد (هليكونيوس  
تشاريتونيوس) بطيئة بأجنحتها  
الطويلة الضيقة. وتتجمع  
جماعات كبيرة منها ليلاً فوق  
الفسليج الجرداء.



أعشاب مشارية (مسننة  
الورق) تنفث بينها  
تجمعات شجرية

شروجر قزم  
(ناكسوديوم ديشيكوم)

ينمو صنوبر المناطق (يثنوس  
البوشي) والفخيل المسنن السقف  
(سبرنوا رينز) على المرتفعات.

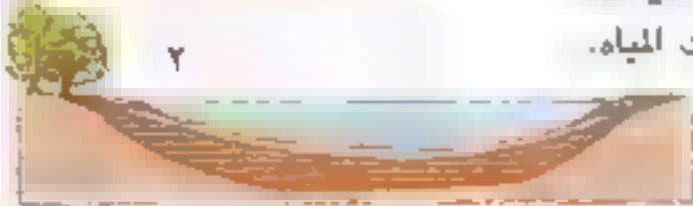


مكاسين الماء (أغكسترون  
بيشيفورس) خيئة أمريكية  
ساعة تصيد ليلاً.



سحك أبو ملقار  
(البيشوشفوس)

أوتشوس) ذو خياشيم للتنفس  
تحت الماء، لكنه يستطيع أيضاً  
تنفس الهواء إذا جفت المياه.



دليل الرمز اللوني

- ماء
- حُثْ منقعي
- طفل بخيري
- وخل بخيري
- حُثْ



## مثل على التعاقد البيئي

قد تكون السبخة الخثية، حيث تزخر البحيرة  
بالوخل والنباتات كما يلي: (١) مياه البحيرة  
صافية والوخل في القاع. (٢) يتجمع الوخل  
حول جذور النباتات. (٣) تنمو الطحالب  
الحزازية وتتراكم رواسب من الحث. (٤)  
تروى البحيرة وتبقى مكانها قبة من الحث.

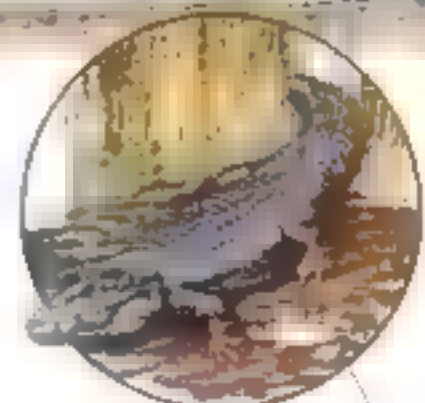


الطائر الأفروني (أنهجا أنهجا) يغوص  
في الماء لصيد السمك. ثم يجثم بصف  
مفتوح الجناحين ليخففهما في الشمس.

شجر القرام (المنغروف)  
في سبخة شاطئية

## سبخات فلوريدا الحرجية (الإفرجليدن)

في القرب الجنوبي من ولاية فلوريدا بالولايات  
المتحدة، توجد منطقة شاسعة (حوالي  
١٣٠٠ كم<sup>٢</sup>) من سبخات الجراج الشروية  
تستوطنها أنواع نادرة كخروف البحر (تريكيوس  
مانانيس) والكوجر (فليس كونكولور كوري). وهي  
الآن منقطة قومي؛ لكنها مهددة بالكمائيات  
الزراعية والتجفيف والتلوث والسياحة - فالقوارب  
السريعة تقتل أكثر من ١٠٠ خروف بحر سنوياً.



التساع الأمريكي (البجيتور  
المسيبي) أكثر الزواحف في  
أمريكا الشمالية وأعلامها حوازا  
- ففي الربيع تجاز الذكور عالياً  
لاجتذاب الإناث.

## شجر القرام (المنغروف)

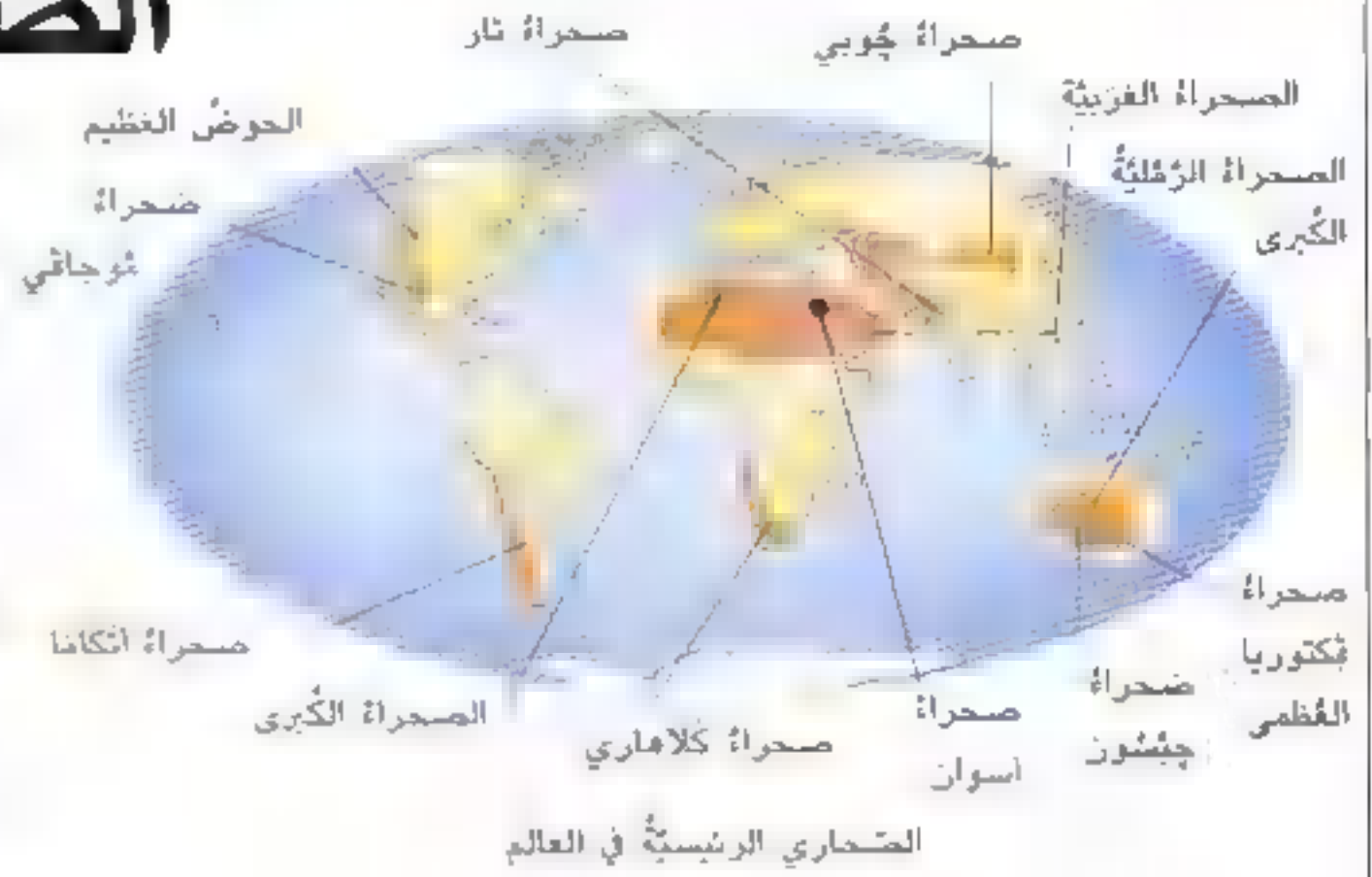
أكثر الأشجار شيوعاً في مناطق المياه  
العذبة أو المالحة الاستوائية هي  
أشجار القرام (المنغروف). فهي  
تستطيع العيش في الوخل المشبعة  
بالماء بفضل مسام التنفس في  
جذورها. وبعض القرام ذو جذور  
هوائية (فوق الماء) تحصل على  
الأكسجين. وينمو القرام الأحمر  
(ريزوفورا مانجل) في السبخات  
الساحلية ومصبات الأنهر، فيحميها من  
العواصف وأمواج المد.





# الصحاري

الصحاري أكثر المناطق جفافاً على الأرض، إذ يقلُّ معدّل المطر السنوي في معظمها عن ١٠ سم؛ وقد تُخَبِّس الأمطار في بعضها تماماً مدى عدّة سنوات. والصحاري في غالبيتها حارّة بحيث إنّ ما يتبخّر من مائها إلى الهواء أكثر ممّا يسقط عليها من مطر. وتُجابه النباتات الصحراوية هذه الظروف بجذور غائرة أو واسعة الانتشار، إضافة إلى قشور لحائية عاسية وأوراق صغيرة أو شوكية ووسائل خاصة أخرى لاختزان الماء. أما الحيوانات الصحراوية فالكثير منها لا يشرب مكتفياً بما في طعامه من ماء. ونتيجة لقلّة أنواع النبات والحيوان في الصحاري فإنّ التربة شحيحة التزوّد بالمخصبات من فضلات الكائنات الحيّة وبقاياها؛ كما إنّ هذا القليل من المغذيات يستغرق وقتاً طويلاً لإعادة تدويره في النظام البيئي.



## الصحراء في النهار

درجات الحرارة، نهاراً، في الصحاري الحارّة، قد تزيد على ٥٠°س؛ وقد تبلغ درجة حرارة الرّمل السطحي فيها ٩٠°س. لذا تلجأ معظم الحيوانات إلى جحورها أو تستظلّ تحت الصخور حيث الهواء أبرد وأرطب. والمساءً في معظم نباتات الصحاري تظلّ مغلقة خلال النهار بلحذاً من فقد الماء؛ وبعض هذه النباتات ذو أوراق شعرية تعكس ضوء الشمس القوي.



أدنا تعلق الفهد (فليس زرداً) الكبيرتان تُساعده في سماع صوت اخفت حركة الفريسة في الجوار. كما تعمل الأذنان على تبريد التعلب بابتعاثهما الحرارة كمشعّين.

## التطوّر المتقارب

الحيوانات التي تعيش في موطن بيئيّ متشابهة في أنحاء مختلفة من العالم غالباً ما تكون متشابهة - كما هي الحال في التعلب القميّ. بأمريكا الشماليّة وتعلب الفهد في إفريقيا. ذلك لأنّ كلا النوعين تكيف للعيش في نظام بيئيّ من التعلب القميّ - حيث الظروف البيئية متشابهة، فلا غرابة أن يكون التطوّر متقارباً.

التعلب القميّ (فليس مكروسي) يخرج للصيد ليلاً؛ وهو سريع العدو يقنص الحيوانات الصغيرة قبل أن تتجحر في جحورها.

بفضل رجليه الخلفيتين القويتين يستطيع الأرنب الأمريكي الأسود الذيل (ليس كاليفورنيكس) القفز مُبتعداً عن الخطر بسرعة قد تبلغ ٦ كم/سا.

الجزائر القنبريّة (ديودومييس دوزني) تحصل على كفايتها من الماء من البزور التي تأكلها. وهي تحمل البزور إلى جحورها في جيوبها الخفية.



بفضل رجليه الخلفيتين القويتين يستطيع الأرنب الأمريكي الأسود الذيل (ليس كاليفورنيكس) القفز مُبتعداً عن الخطر بسرعة قد تبلغ ٦ كم/سا.

## صهاريج التخزين

تُجابه النباتات والحيوانات الصحراوية ضرورة التكيف للعيش عبر فترات جفاف طويلة. فبعض الحيوانات يخترن الدهن في أنسجة جسده - وهذا الدهن يُمكن تفكيكه لتوفير الطاقة والماء عند الحاجة.

يخترن مشح هيل (ملودوما سنشيتكم) الدهن في ذيئه الغليظة، لينتفعين به على تجاوز الفترات العصيبة.



الجمال العربي الأحادي الشنام (كيلوس دروندايوس) يُمكنه المشي أسبوع دون ماء. وهو قد يشرب قرابة ١١٤ ليترًا من الماء في شقّ واحد.



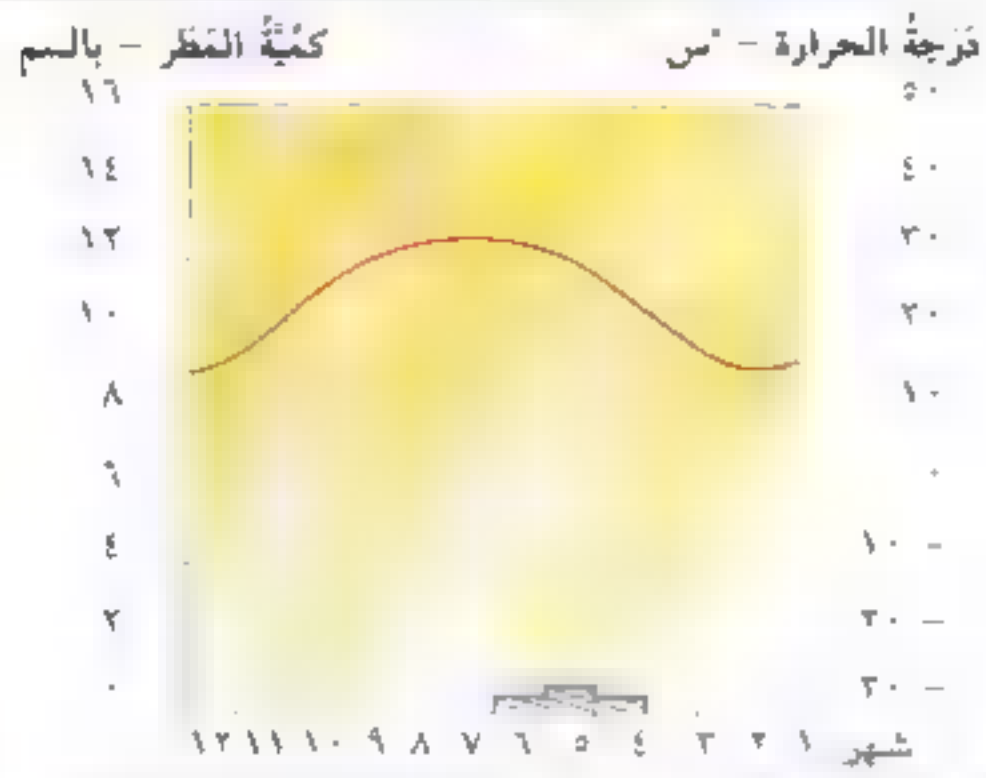
بفضل النبات معظم ماء غرّ الأوراق؛ لذا فإنّ أنواع الصّيار كالشيلاريا إيلونجاتا، لا تحمل أوراقاً، بل أشواكاً تخفيها من أن تؤكل. ويخترن الصّيار الماء في جذوعه الغليظة.



التمّجّ المعجاب

العديد من أقاعي الصحاري الرّمليّة كهذه الأفعى الجانبية التّمجّج (بايسس برنجوي)، تتنقل بقذّف نفسها فوق الرّمل في تمّجّجات قوسيّة مُجانبية (على شكل «S») لا أمان. ومزوّدة هذا التّمجّج من الانتقال هي أن جزيّات فقط من جسم الأفعى يلاصق سطح الرّمل الحارّ كلّ مرّة؛ كما إنّ سطح التّمجّج هذا يعمل من غير التّحمّل أن تغوص الأفعى في الرّمل الرّخو.





المعدلات الشهرية لدرجات الحرارة وكمية المطر في أسوان، بمصر

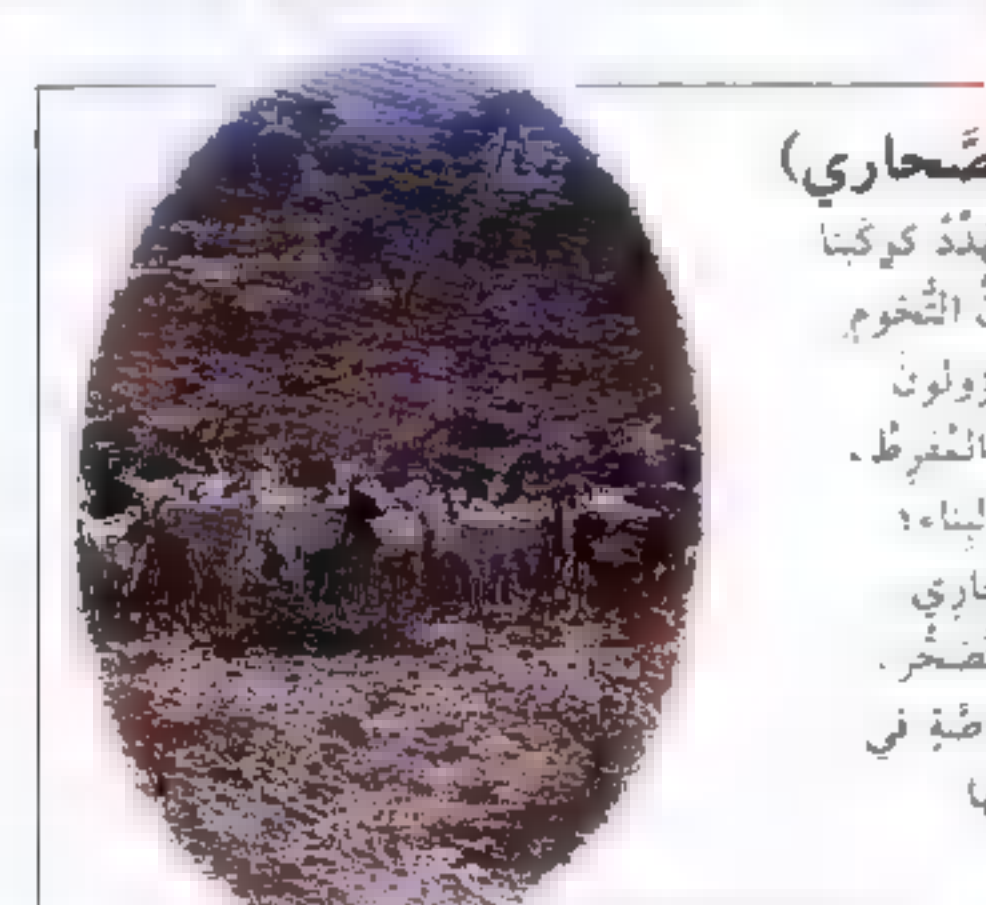
**المناخ**

تقع الصحاري الكبرى على مقربة من خط الاستواء، وهي حارة جافة على مدار السنة - لأن الرياح التي تهب عليها لا تحوي إلا القليل جداً من الرطوبة. أما صحاري المناطق الباردة في العالم، كصحراء جوبي في آسيا الوسطى، فهي حارة صيفاً وباردة شتاءً. كذلك تتواجد الصحاري في مستنقعات الجبال العالية، كصحراء أنكاما في أمريكا الجنوبية.

الجنمات الكريوزونيه (الزيا ترائينثا) تشغل فُشحات متساوية التباعد تقريباً لأن جذور الواحدة منها تمتص كل ما في التربة حولها من مغذيات وماء.



ورق الشجر يغطي الليل مثل ثلجاً تحت مسخرة، لكنه ينشط في النهار.



مزيد من المعلومات انظر

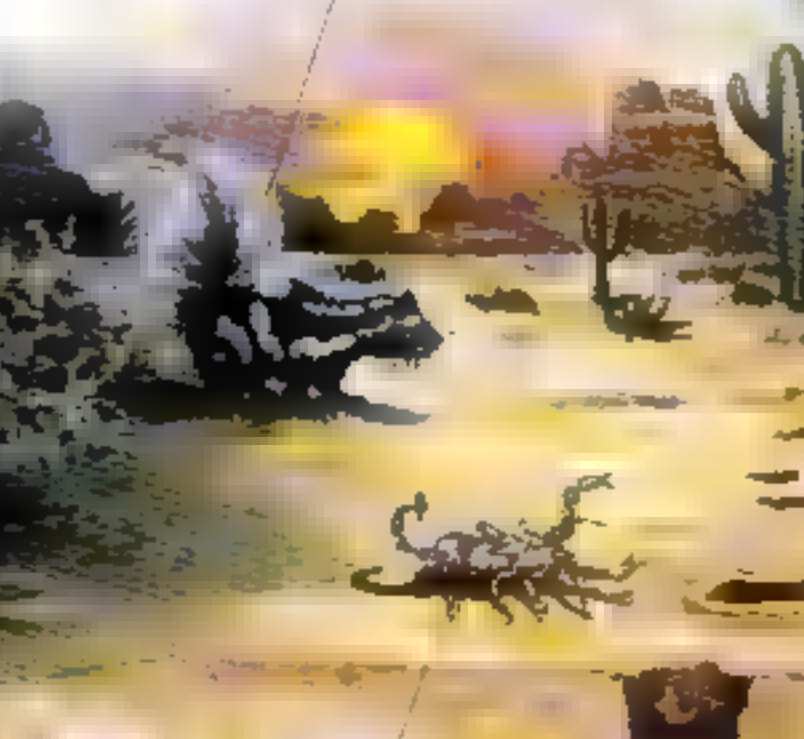
التيال الحرارة ص ١٤٢
المناخ ص ٢٤٤
التطور (الشعوب بالتحوّل الموضوي) ص ٣٠٨
نظام الثقل في الثبات ص ٣٤١
الحركة ص ٣٥٦

**الصحراء في الليل**

تتباطأ درجة الحرارة في الصحراء ليلاً ويعدو الهواء أكثر رطوبة - فيخرج الكثير من الحيوانات للصيد، وتبدأ الحياة في الصحراء وتنشط. لكن الطعام شحيح، والكثير من الباحثات عنه، كالعناكب والعقارب، مائة جداً. وإذا التفت بفريسة مناسبة، فإنها تسطو عليها بالسرعة الممكنة ولا تترك لها فرصة للإفلات.

الصحراء الصفواري (سريس جيجنتوس) ذو لحياء مفاطير غليظ. وهو ينتشر في الماء غز شبكة واسعة الانتشار من الجذور الضخمة.

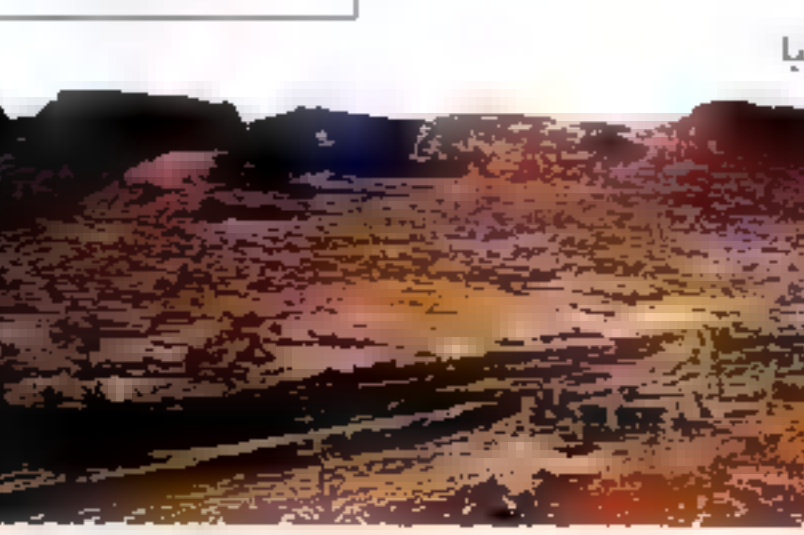
الغريبات الابقية (سبيلوجيل بوتوزيوس) ينشط ليلاً، في الغالب، في طلب الحيوانات الصغيرة والبيوض والحشرات والثمار.



تستخدم العقارب كحاف سائمة في اطراف اذيالها للدفاع عن النفس او لقتل الفرائس. هذا غفرت اريزونا (سنتروزيوس سكليرانس)

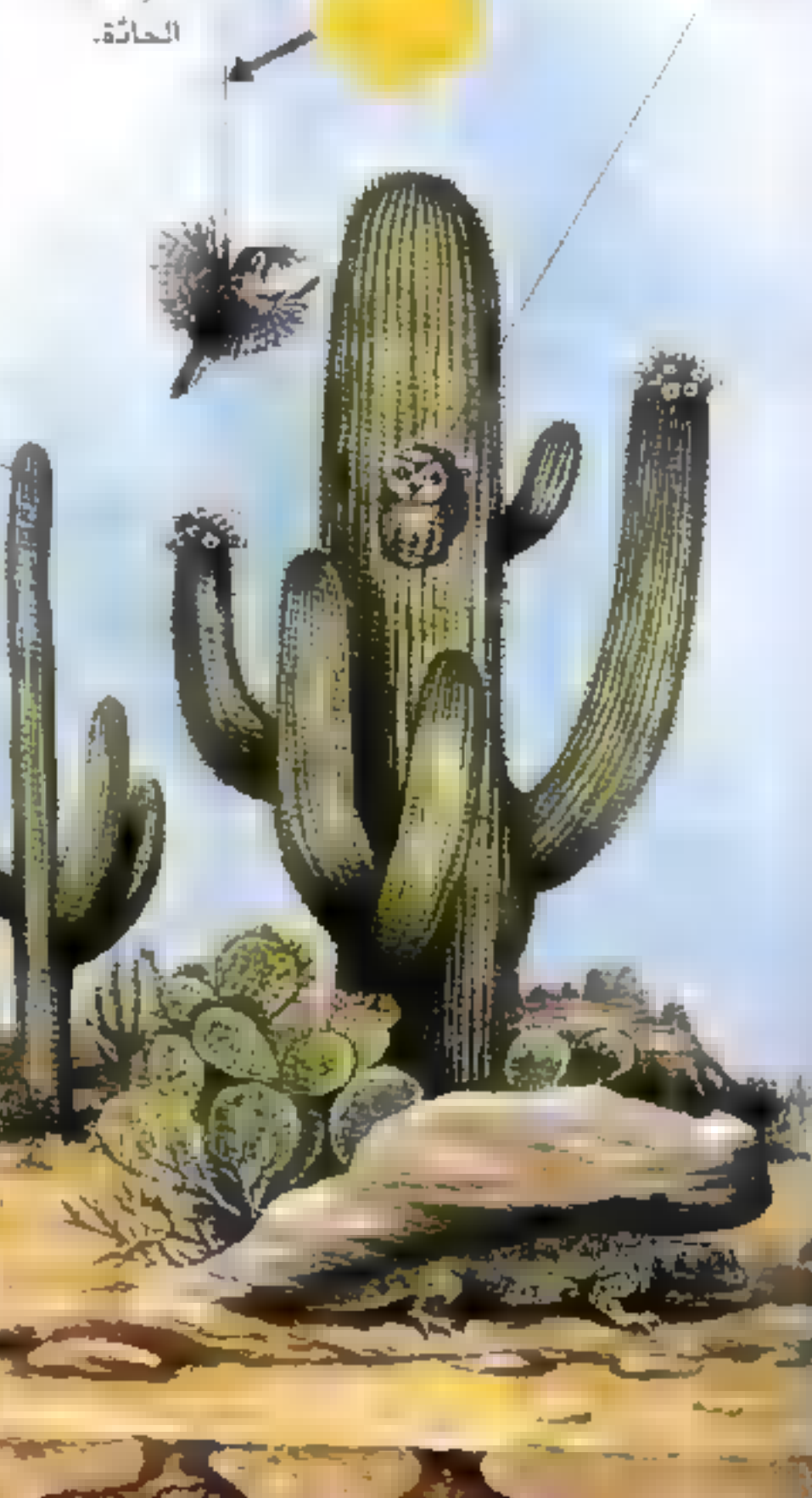
**التصحّر (امتداد الصحاري)**

امتداد الصحاري خطر يهدد كوكبنا المتزايد السكان؛ وسكان التجمعات المجاورة للصحاري مسؤولون جزئياً عن ذلك. فالزعم المفرط، وقطع الشجر لأغراض البناء، يحيلان الأرض إلى صحاري ونسهمان في عمليات التصحر. وتتفاقم هذه المشكلة بخاصة في المناطق التي انحبس عنها المطر عدة سنين.



البومة القزامة (بيكراتين فويتشي)، اصغر البوم في العالم، تختبئ نهاراً في تجاويف جذوعها تقار الخشب في جذوع الصحراء.

ضغو «او دغويقة» الصحراء (كشيولورنكس بزانكيليوس) تبني عشها في ثبات الصحراء - حيث تكون فراخها في مأمن من الاعداء بفضل اشواكها الحادة.



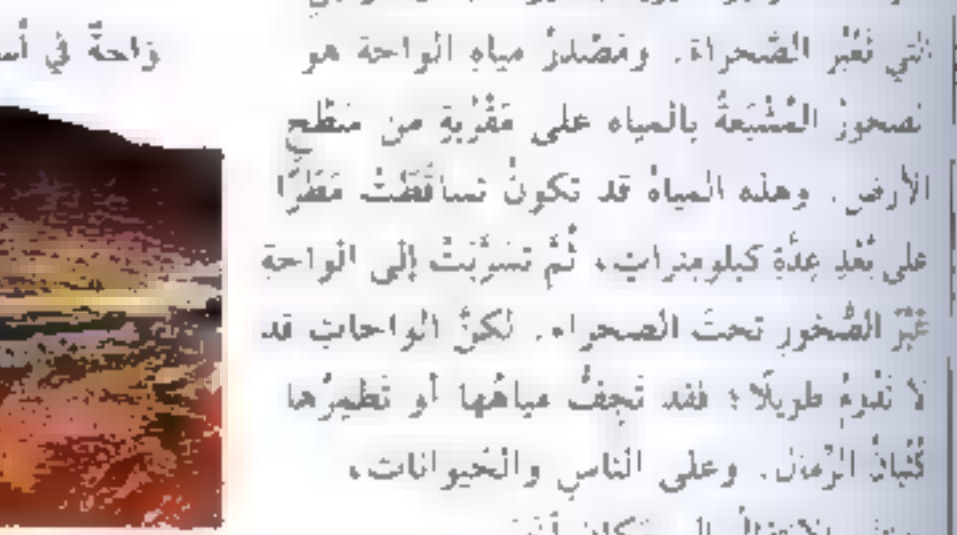
علاجيم الغرب المجرافية الأقدام (سكليوبس فندي) تنشط ليلاً فقط. وهي تستخدم «رفوشاء» ضلبيّة في أقدامها الخلفية لحفر الجحور.

وتيلاء الصحاري (افونوليم كلكوبس) عنكبوت سائمة تنقب في جحرها نهاراً.

ماء الواحة منضّرة شائع مطير يتجدد عدة كيلومترات.

**الواحات**

في بضعة أماكن من الصحراء يسرّب الماء غير الأرض فيكون منطقة رطبة، حيث يمكن نمو النباتات، تدعى واحة. فالواحات مراکز حيوية للحيوانات والقوافل التي تغير الصحراء. وتضد مياه الواحة هو نسحوز المشبعة بالمياه على مقربة من منطع الأرض. وهذه المياه قد تكون تساقطت مطراً على بعد عدة كيلومترات، ثم تسربت إلى الواحة عبر الشقوق تحت الصحراء. لكن الواحات قد لا تدوم طويلاً؛ فقد تجف مياهها أو تظيرها كتيان الرمال. وعلى الناس والحيوانات، حينئذ، الانتقال إلى مكان آخر.





# السُّهوبُ المَرْجِيَّةُ الطَّبِيعِيَّةُ

المَنَاطِقُ الفقيرةُ الثَّريَّةُ والشديدةُ جفافِ المُنَاحِ يَقتَصِرُ النَماءُ النَّباتيُّ فيها على الأعشابِ وبعضِ الجَنَباتِ والشَّجَرِ، وتُدعى سُهوبًا مُعشِبةً. وتولَّفُ الأعشابُ بِداياتِ الكثيرِ من السَّلاسلِ الغذائية؛ وهي،

بِخلافِ الشَّجَرِ، تَحْتَمِلُ قُصَمَ العاشِباتِ لأنَّها تَنمو من القاعِدةِ لا من

الأطرافِ. وكُلُّما قُصِمَتْ يَتَشَعَّبُ نَماءُها

ويَتزايدُ. كذلك فإنَّ الأعشابَ سُرْعانَ ما

تَسْتَعِيدُ حَيَوتَها وانتِشارَها بعدَ الحرائقِ

الكثيرةِ الحُدوثِ في هذا النِّظامِ

البيئي. وتُضطرُّ حيواناتُ

السُّهوبِ في مَواصِمِ الجفافِ

أو البَرْدِ إلى الإرتحالِ

مَسافاتٍ طويلةٍ في طَلَبِ

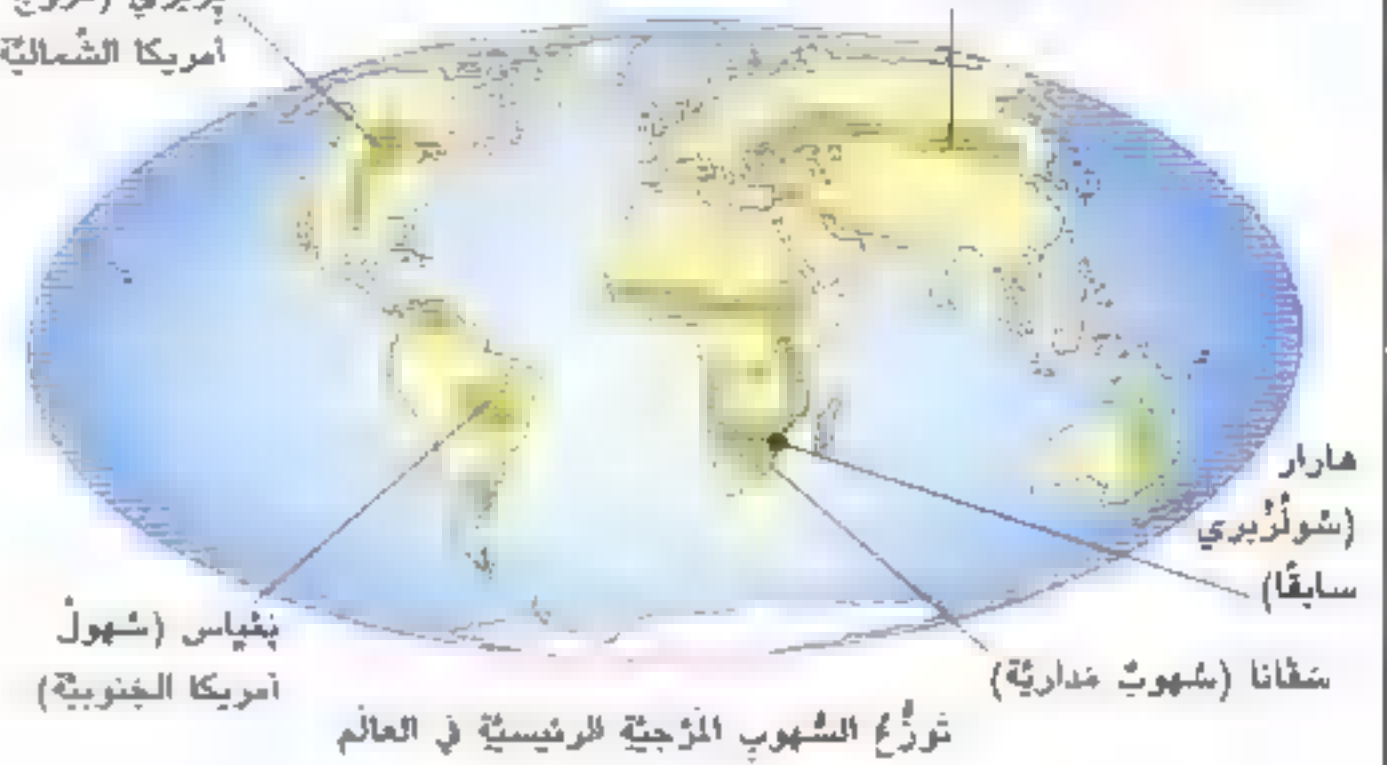
كِفايَتها من الماءِ

والطَّعامِ

لِلعِيشِ.

بريري (غروب)  
أمريكا الشماليَّة

استيس (السُّهوبُ الروسيَّة)



## طَعامٌ لِلجميعِ

السُّهوبُ العُشْبِيَّةُ في المَناطقِ المَداريَّةِ بِشَرْقِ إفريقيا تُدعى السَّافانا. وفيها يعيشُ أَكثَرُ من ٤٠ نوعًا من الرَّاعيَّاتِ اللَّبُونَةِ تتفاسمُ الغِذاءَ. ويتوافَرُ عادةً ما يَكفي من الرُّعي لِبَعضِ الحَيواناتِ - إذ إنَّ مُختلفَ الأنواعِ تَتَغَذَّى بِمُختلفِ أَجزاءِ الأعشابِ والجَنَباتِ والشَّجَرِ. فَحُمُرُ الزَّردِ، مثلاً، تَأْكُلُ رُؤوسَ الشُّوقِ العُشْبِيَّةِ ونباتِ اللُّوتِ تَأْكُلُ أَواسِطَها ويَزالانَ طَوَمُسُونِ تَأْكُلُ أَسافِلَها. وتُرَكِّزُ طِباءُ الدَّفْدِقِ الصَّغيرةِ على الجَنَباتِ الخَفيضةِ؛ في حين تَتَغَذَّى الزَّرافُ بِأوراقِ وعَاليجِ الشَّجَرِ العالِيَةِ.

نباتُ اللُّوتِ تَأْكُلُ أَواسِطَ العُشْبِ المُرَقَّةِ. وهي تَعتمدُ في حَوالِي ٩٥ بالمئة من غِذاها على الأعشابِ.

تَتَغَذَّى يَزالانَ طَوَمُسُونِ (جَازِلانَ طومسوني) بِفُرُوعِ العُشْبِ الطَويَّةِ والبُزُورِ الغنِيَّةِ بِالبروتينِ على مُستوى سطحِ الأرضِ.



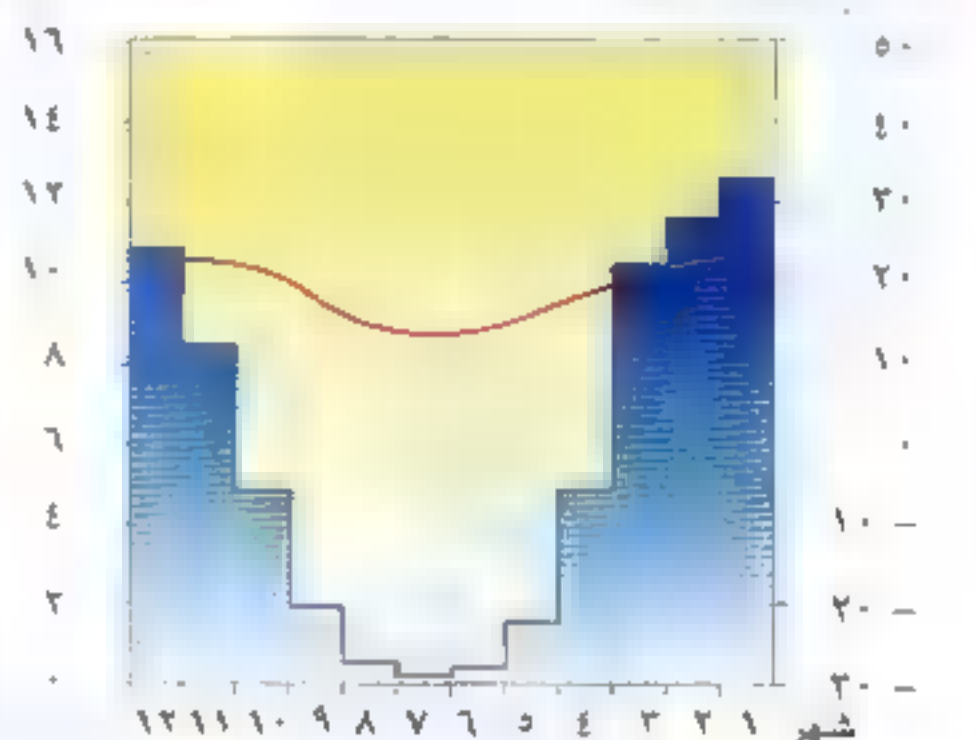
الزَّرافُ (جِرافا)  
كابلوهاردليس تَتَغَذَّى بأوراقِ الشَّجَرِ حتَّى يَعلُو ٦ أمتارَ من سطحِ الأرضِ.



طِباءُ الدَّفْدِقِ الصَّغيرةِ تَقضمُ أوراقِ الجَنَباتِ الطَويَّةِ، بِخاصَّةِ غُروبِ السَّطَبِ الطَويَّةِ.

حُمُرُ الزَّردِ تَتَغَذَّى بِرُؤوسِ الأعشابِ القاسِيَةِ الخَشنةِ، وتَشبُّثُ الثَّريَّةِ في طَلَبِ البُزُورِ.

المُعدَّلُ الشهريُّ لدرجاتِ الحرارةِ وكميَّةِ المَطرِ في هارار، زَمبابوي (روبيِنيا سابقًا) فَرَجَةُ الحرارة - س كميَّةُ المَطر - بالمِلم



## المُنَاحُ

السُّهوبُ المَداريَّةُ دافئةٌ على مَدارِ السَّنةِ، لَكِنَّ فَضْلَ الصَّيفِ جافٌ طَويلٌ. أمَّا سُهوبُ المَناطقِ المُعتدِلَةِ فيَتَناوِها بارِدٌ جَدًّا مع نُوباتٍ ضَفيقٍ قاسِيَةٍ، وَصيفُها حارٌّ جافٌ. ويَبيِّنُ المُخطَّطُ أعلاه مَناخَ مَدينَةِ في السُّهوبِ المَداريَّةِ.

## الضَّواري

أعدادُ كَثيرَةٌ من العاشِباتِ في السَّافانا الإفريقيَّةِ تَتَغذى بِفرائسٍ لِأَصنافٍ مُختلفَةٍ من الضَّواري. ويَتَنَزَّعُ كُلُّ ضارٍ إلى فرائِسِهِ المُفضَّلَةِ تَبعا لِأَسلوبِهِ في الصَّيدِ. فَالهُودُ تَسطيعُ مُطارَدةَ اليَزالانِ بِسرعاتٍ تَبلُغُ ١٠٠ كم/سا لِتَقترِبَ قَريبةً. والأَسودُ لا تَبلُغُ هذه السَّرعَةَ، لِذا فَإِنَّها تُحاولُ الإقترابَ من القَريسةِ ما أَمكَنَ؛ وهي قَويَّةٌ وَنَشاطٌ جَماعِيَّةٌ، فيَمكِنُها قَتْلُ حَيواناتٍ كَبارٍ كَتَيلِ الثَّوِ. والضَّباغُ أيضًا تَنطَاطُ جَماعِيَّةً، لَكِنَّ أَكْبَرَ ما تَقْضِيه لا يَتجاوزُ عَادةً جَمارَ الزَّردِ.





## الشَّهَبَاتُ الْمُعْشِبَةُ الْأَسْوِيَّة

تعتدُّ الشَّهَبَاتُ الْمُعْشِبَةُ (الْبَيْتْس) غَيْرُ أَوَامِيطِ آسِيَا - مِنْ أَوْرُوبَا إِلَى الْفِلَسْطِينِ. وَفِي الْمَاضِي كَانَتْ تَجُوبُ هَذِهِ الشَّهَبَاتُ قُطْعَانًا كَبِيرَةً مِنَ الْخِيَوَانَاتِ الرَّاعِيَةِ، كَالْبِزُونِ (بِزُونِ بُونَانَس) وَفِي الشَّيْخَا (شَيْخَا تُونَارِيكَا)، تَقْصِمُ أَعْشَابَهَا فَتَنْشُطُ نَعْمَتَهَا الْمُتَجَدِّدَ، وَتَدُوسُ بَرْزَهَا فَتَقْرُضُهَا فِي الْأَرْضِ لِيَتَشَبَّهَ وَتَنْمُوَ، كَمَا تُخَصِبُ تَرْبَتَهَا بِرُزْزِهَا وَفَضْلَانِهَا. لِكِبَرِ الصَّيْدِ وَالْمَزَارِعِ وَالْأَسْزَارِاقِ قُضِيَ عَلَى مُعْظَمِ هَذِهِ الْخِيَوَانَاتِ. وَجَدِيرُ بِالذِّكْرِ أَنَّ طَبَاءَ الشَّيْخَا أَجْدَةً فِي التَّنْكَارِ بِفَضْلِ تَدَابِيرِ الْجَمَايَةِ الْمُطَبَّقَةِ حَالِيًا.



الْمَزَارِعُ أَرْنَبُ بَنْتَاغُونِيَا (تُولِيكُويسِ بَنْتَاغُونَا) تَعِيشُ جَمَاعَاتٍ قَدْ يَبْلُغُ عَدْدُهَا ٤٠ فِي الْجُحْرِ الْوَاحِدِ. وَهِيَ تَسْتَطِيعُ الْهَزَبَ مِنَ الْخَطَرِ بِقَفْزَاتٍ سَرِيعَةٍ، تُقَارِبُ وَاجِدَتَهَا الْمَرْبِيزِينَ، بِفَضْلِ رِجْلَيْهَا الْخَلْفِيَّتَيْنِ الْعُلَوِيَّتَيْنِ.

تَقْبِعُ الْكَايِيَّاتُ (كَافِيَا إِبْرِيَا) تَحْتَ ضُخُورٍ أَوْ فِي جُحُورِ حَقَرَتِهَا حَيَوَانَاتٍ أُخْرَى. وَهِيَ قَوَارِضُ تَرْبَتٍ مِنْ نَوْعِ خَنْزِيرِ الْهِنْدِ.



مُتَجَجِرَاتُ الْبَيْتْسِ فِي أَمْرِيكَا الْجَنُوبِيَّةِ

## الْمُتَجَجِرَاتُ

فِي شَهَبَاتِ (الْبَيْتْسِ) بِأَمْرِيكَا الْجَنُوبِيَّةِ، تَعِيشُ أَعْدَادُ ضَخْمَةٌ مِنَ اللَّبُونَاتِ الصَّغِيرَةِ تَحْتَ الْأَرْضِ فِي مَأْمَنِ مِنْ لُحْظِ الْحَرَاقِ وَالضُّوَارِي. وَهَذِهِ الْمُتَجَجِرَاتُ تُسَهِّمُ فِي مَرْجِ طَبَقَاتِ التُّرْبَةِ فَلَا تَتَرَاكُمُ

الْمَعَادُونَ عَلَى السَّطْحِ، بِمَا يُغْنِي التُّرْبَةَ بِالْمُعْذِيَّاتِ وَيَعَزِّزُ نُمُوَ الْأَعْشَابِ وَالنَّبَاتَاتِ الْأُخْرَى. وَفِي شَهَبَاتِ الْبِيرِي بِأَمْرِيكَا الشَّمَالِيَّةِ، تَعِيشُ السَّنَاجِبُ الْأَرْضِيَّةُ (مِنْ نَوْعِ سَايُونُمِيسِ) الْمَعْرُوفَةُ بِكَلَابِ الْمَرْجِ فِي جَمَاعَاتٍ ضَخْمَةٍ ضِمْنَ مُسْتَوْنَةٍ كَامِلَةٍ مُتَّصِلَةٍ شَبَكَةً الْجُحُورِ. وَهِيَ تُحْسِنُ، بِالرُّعْيِ الْخَفِيفِ، كَامِلَ الْمَنْطِقَةِ حَوْلَ الْجُحُورِ لِتَقْبِي تَحْرِكَاتِ الْأَعْدَاءِ نَحْوَهَا مَكْشُوفَةً لِلرُّؤْيَةِ.



## أَخْطَارُ تَهْدُدُ الشَّهَبَاتُ الْعُشْبِيَّةَ

خَفَضَ الصَّيْدُ عَدَدَ الْخِيَوَانَاتِ الرَّاعِيَةِ وَمُقَرِّمَاتِهَا، فِي الشَّهَبَاتِ الْعُشْبِيَّةِ، إِلَى حَدٍّ بَعِيدٍ، حَتَّى فِي مَنَاطِقِ الْخَطَرِ لَا يَزَالُ النَّاسُ يَصْطَادُونَ خُلْسَةً بِدُونِ تَرْخِيصٍ. وَنَتِيجَةُ لِذَلِكَ فَقَدْ قُتِلَ خِلَالَ الثَّلَاثِينَ سَنَةً الْمَاضِيَّةَ مَا لَا يُقَالُ عَنْ ٨٥ بِالْمِئَةِ مِنَ الْكُرُكْدَنَاتِ فِي الْعَالَمِ. وَيَقُومُ خَطَرُ الصَّيْدِ، فِي كِينَا وَسِوَاهَا، بِتَعَقُّبِ الصَّيَادِينَ الْمُخَالِفِينَ، وَيُتَقَدُّونَ أحيانًا حَيَوَانَاتٍ اصْطِيدَتْ بِصُورَةٍ غَيْرِ قَانُونِيَّةٍ.

## دَوْرَةُ الْمُغْذِيَّاتِ

يُغْنِزِي الْكَثِيرُ مِنَ الْخِيَوَانَاتِ وَالْمِكْرَبِيَا وَالْمُفْطَرِ، فِي الشَّهَبَاتِ الْعُشْبِيَّةِ، بِالنَّبَاتَاتِ أَوْ الْخِيَوَانَاتِ الْمَيِّتَةِ أَوْ بِرُوثِ الْخِيَوَانَاتِ. فَيُصْبِحُ بَعْضُ هَذِهِ الْمُغْذِيَّاتِ جُزْءًا مِنْ أَجْسَامِ الْحَالَاتِ وَيَصِيرُ بَعْضُهَا فِي آخِرِ الْأَمْرِ إِلَى إِنْخِسَابِ التُّرْبَةِ. وَهَكَذَا فَإِنَّهُ لَا يَصْبِغُ شَيْءٌ، بَلَى تَدَوَّرَ الْمُغْذِيَّاتِ فِي خَلْقَةٍ مُتَوَاصِلَةٍ.

أَعْشَابُ الْأَرْضِ (الْتَمَلُ الْأَبْيَضُ)، فِي شُعْطِهَا، تَحْوِي أَنْفَاقًا وَخُجَرَاتٍ وَأَحْيَانًا وَسَائِلَ لِكَيْفِ الْهَوَاءِ.



## الْأَرْضُ (الْتَمَلُ الْأَبْيَضُ)

الْأَرْضُ مِنْ عَوَامِلِ الْإِنْجِلَالِ الْأَسَاسِيَّةِ فِي الشَّهَبَاتِ الْعُشْبِيَّةِ، هِيَ تَأْكُلُ الْمَوَادَّ الْمَيِّتَةَ أَوْ تَقْلَعُهَا إِلَى دَاخِلِ أَعْشَابِهَا التَّرْجِيَّةِ الْعِلْبِيَّةِ لِاسْتِخْدَامِهَا دَمَنًا (خَلِيطَ تَسْمِيدٍ) لِلنَّظَرِ الَّتِي تُنْمِيهَا لِتُغْنِزِي بِهَا. وَقَدْ يَعْلُو الْعُشْرُ التَّرْجِيحِي لِبَعْضِ أَنْوَاعِ الْأَرْضِ ٢٠,٥ وَيَسْتَوِطُهُ قُرَابَةُ ٢٠ مِلْيُونِ أَرْضَةٍ.

تَحْفَرُ الْفَسْكَاشَاتُ (لَاچُوشْتُونِسْ مَكْسِينِسْ) شَبَكَاتٍ ضَخْمَةً مِنَ الْأَنْفَاقِ بِأَرْجُلِهَا الْأَسْمَلِيَّةِ الْقَوِيَّةِ، وَتَسْتَطِيعُ غَلْقُ الْمُنْخَرَيْنِ أَثْنَاءَ الْخَفْرِ لِيَلْمَعَ التُّرَابُ مِنَ الْأُخُولِ فِيهِمَا. وَهِيَ تُشْرِعُ لَيْلًا فَتَأْكُلُ الْأَعْشَابَ وَالنَّبَاتَاتِ الْأُخْرَى.

## جُورْجُ وَجُويْ أَدْمُسُونُ

عَمِلَ قَبْلَ الصَّيْدِ الْبْرِيطَانِيُّ جُورْجُ أَدْمُسُونُ (١٩٠٦-١٩٨٩)، وَزَوْجَتُهُ جُويْ (١٩١٠-١٩٨٠) عَلَى جَمَايَةِ الْحَيَاةِ الْبَرِّيَّةِ وَالْعَنَايَةِ بِهَا فِي كِينَا، بِأَفْرِيقِيَّةِ. وَكَانَتِ الزَّوْجَةُ تَهْتَمُّ بِالْأَسْوَدِ بِصُورَةٍ خَاصَّةٍ. وَقَدْ اشتهرت بِتَرْبِيَةِ اللَّبُونَةِ الْإِنْسَانِيَّةِ كَجُرُودَةٍ ثُمَّ إِعَادَتِهَا إِلَى الْحَيَاةِ الْبَرِّيَّةِ. وَقَدْ أَخْرَجَتْ قِصَّةَ الْإِنْسَانِ قِيلَمَا سِينِمَاتِيَا عَامَ ١٩٦٠ بِعُتْوَانِ «وُلِدَتْ حُرَّةً». وَلِلْأَسَفِ، قُتِلَ جُورْجُ وَجُويْ أَدْمُسُونُ غِيلَةً فِي كِينَا.

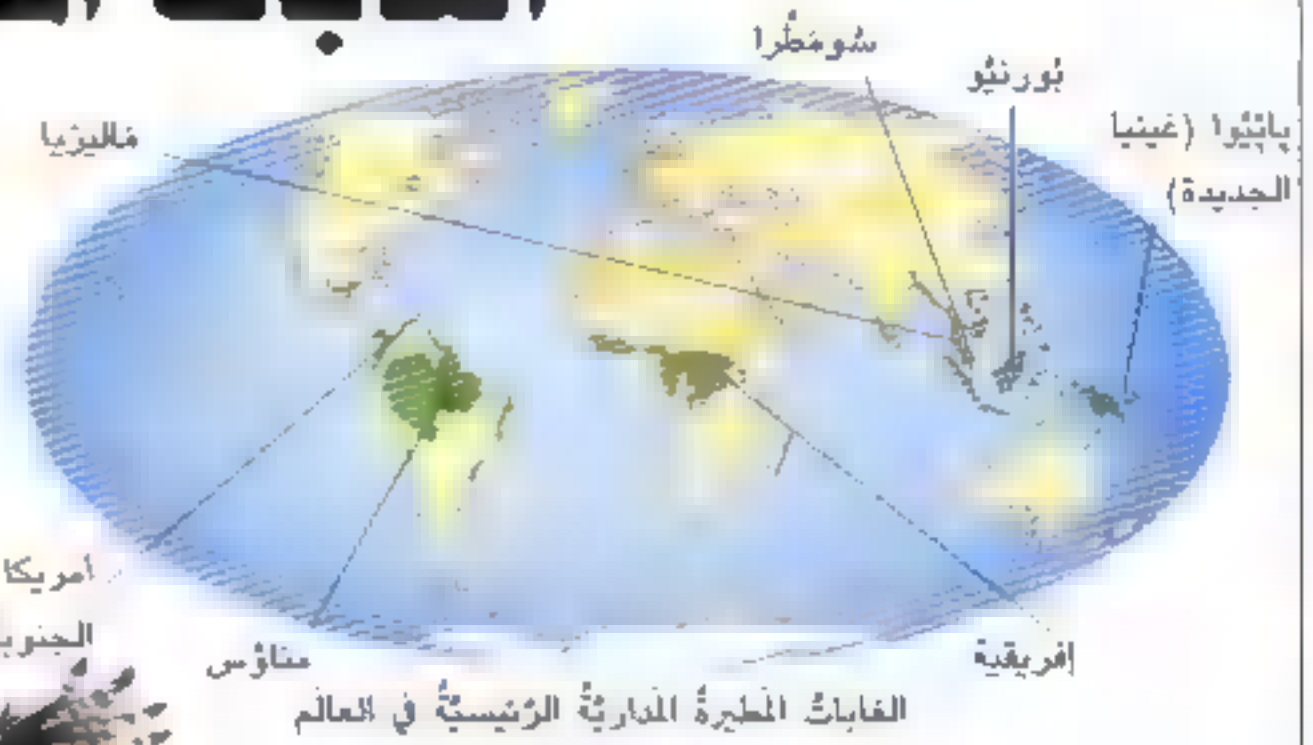
### لِمَزِيدٍ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ انْظُرْ

- الْمَنَاحُ ص ٢٤٤
- التَّغْذِيَّةُ ص ٣٤٢
- الْبَهْضُ ص ٣٤٥
- السَّلَاسِلُ وَالشَّبَكَاتُ الْغِذَائِيَّةُ ص ٣٧٧
- الْمِهْجَرَةُ وَالْإِنْسَانُ ص ٣٨١



# الغابات المطيرة الاستوائية

الأنظمة البيئية في الغابات المطيرة المدارية تضم أكثر من نصف أنواع الحيوانات والنباتات في العالم، رغم أن ما تغطيه هذه الأنظمة يقل عن ١٠٪ من مساحة اليابسة. تنمو هذه الغابات في المناطق القريبة من خط الاستواء في أمريكا الجنوبية وإفريقية وآسيا وأستراليا. وهي تزخر بالحياة لتوافر الظروف الملائمة لازدهار الكائنات الحية - من رطوبة ودفء وضوء شمس ساطع من فوقها. أشجار هذه الجراج تنمو بسرعة، وتبلغ ارتفاعات عالية في تنافسها للحصول على أكبر كمية ممكنة من نور الشمس.



الغابات الخفيفة (هارثيا هاربيجا). أكبر الكواكب في العالم، تُخلق فوق ظلة الشجر المتشابكة بنقطة عن الشعاعين والدباب الكسالى.



## رعاية الغابات

تقوم هذه العائلة في الغابات المطيرة البرازيلية بصلع السلال من مواد طبيعية. لقد علق سكان الغابات آلاف السنين في ونام مع الية، يزرعون مزيجاً من الزروع في مساحات صغيرة يُدَلُونها بعد بضع سنوات تاركين الثروة لفرناح وتستعيد خصوبتها. وبذلك يحصلون على الفائدة القصوى من المغذيات.

الدباب الكسالى (برايبوس ترايدكتيلس) تأكل وتتغذى وتنام شلقة، رأساً على عقب، باعصان الشجر مُستخدمة مخالبها الطويلة الخفيفة.

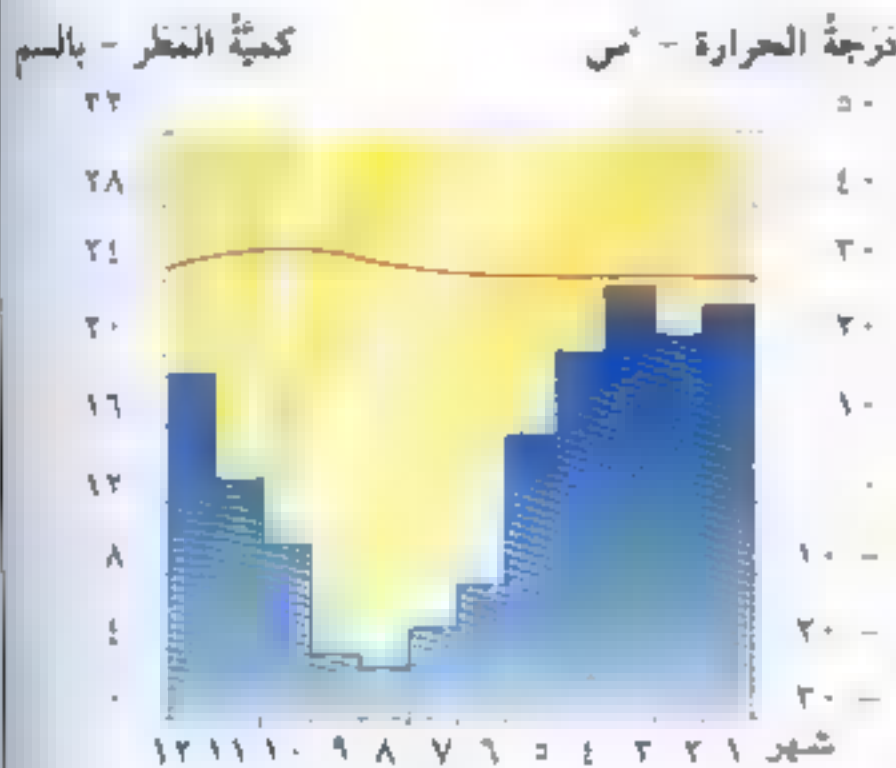
## الطبقات الأحيائية

الأحياء البرية في الغابات المطيرة الأمازونية تعيش على مستويات متباينة. فمعظمها يعيش على مقربة من ذرى الشجر - في الظلة، حيث توافر كميات ضوء الشمس والدفء والطعام. ويتضاءل تنوع الحياة البرية في الطبقات الأدنى الأعم والأبرد، تحت الظلة. أما الحيوانات الكبرى فتعيش على أرض الغابة.

تأرجح خشون النمل الفيلقية (من الغابة في طوابير من حوالى ٢٠٠.٠٠٠ نملة، بحثاً عن الطعام ليرقاتها). البقاري الخنزيرية (من نوع نياشو) تغتذي بالنباتات على حافة الغابة.



الجوتي (من نوع ناسي بركتا)



المعدل الشهري لدرجات الحرارة وكمية المطر في مناوس، بالبرازيل

## المناخ

الغابات المطيرة دافئة على مدار السنة، وتتراوح درجات الحرارة فيها بين حوالي ٢٠ و ٢٨°س. ومناخها هو الأكثر رطوبة بين مختلف الأنظمة البيئية، إذ تهطل فيها الأمطار كل يوم تقريباً، ويبلغ معدل المطر السنوي فيها ٢ أمتار.

ضفادع الشجر عاثة الانتشار، إذ تستطيع وضع بيوضها في بركبات الماء المتجمعة في الشجر.

الشعاعين الغنكية (من نوع ابتلس) تستخدم أذيالها في قبض الأغصان.

أصل الشجر الخضراء (كورلس كانيش)



في الطبقة السفلية، تتخوى النباتات المغرسة والمسلقة حول الشجر والخضبات.

فروزة الجذور المرقطة (باتنوا أونكا) تنوغة أثناء تصيده فراشة كالاجوتيات والبقاري الخنزيرية.

تستطيع الفطريات العيش على أرضية الغابة لأنها لا تحتاج الضوء لتخليق غذائها.

## نظام بيئي صغير

البرومليديات نباتات تعيش على أغصان الشجر، ويتجمع الماء فيها بركبات تولد نظاماً بيئياً صغيراً يوفر فيه الزرق المتعفن وذرق الحيوانات غذاء للبكتيريا والحشرات التي تغدو بدورها غذاء للحيوانات الصغيرة.



## التنقل في الغابة

حيوانات الغابات المطيرة مهيأة بميزات خاصة تُعينها على التنقل بين الشجر. فالطيور ذات أجنحة غريضة قصيرة تمكّنها من الانعطاف والدوران بين الأغصان. وبعض الحيوانات مُجهزة ببذلات جلدية تنسبط كالأجنحة فتُمكّنها من الانزلاق شرعياً من عُصٍ لآخر. وتُستخدمُ السُعادين أيديها وأقدامها للتمسُّك، وبعضها يقبض الأغصان أيضاً بذييله المهيأ للقبض كأنه يد إضافية.



## طائر القردوس

يعيش طائر القردوس الزجاجاني (يزاديزيا راجيانا) في الغابات المطيرة في بابوا (غينيا الجديدة). وهو ذو جناحين قصيرين للطيران بين الشجر، وقدمين قويتين لقبض الأغصان. وباستطاعة الذكر، كالمشي هنا، التعلُّق من عُصٍ مُقلِّباً رأساً على عقب، لاحتذاب وُدِّ الإناث بربيشه الزاهي الألوان.

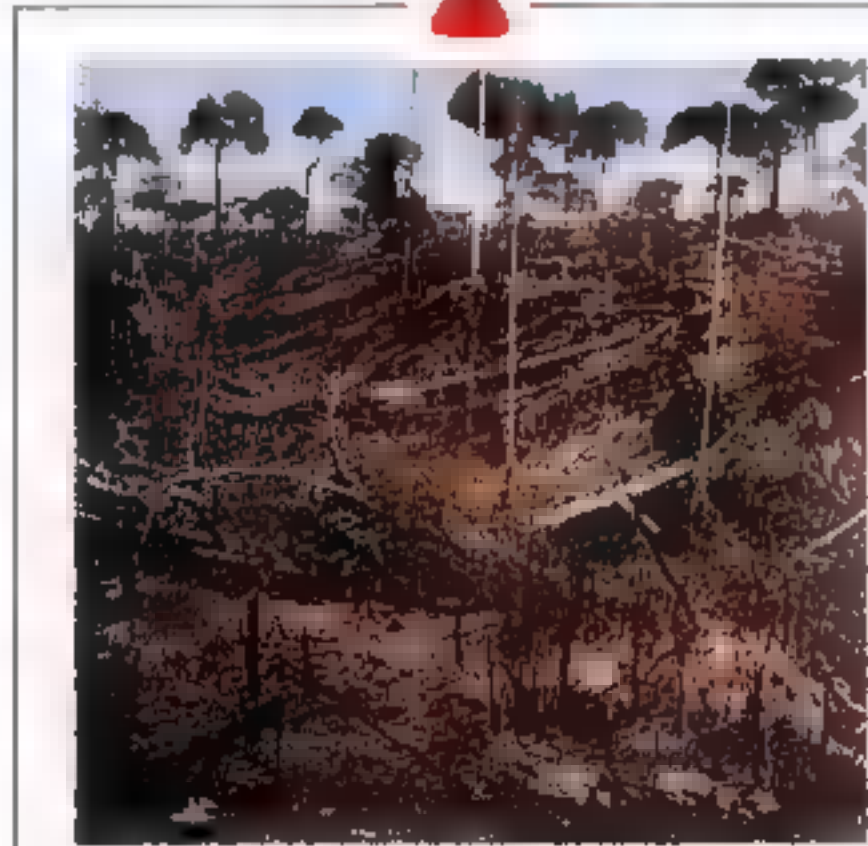
## السَّغْلَة (الأورانغوتان)

يتصوَّخ السَّغْلَة (بونغو بيجمايوس) بسرعة كبيرة بين أشجار بفضلي ذراعيه الطويلتين وأصابعه القويّة. وهو يعيش في الغابات المطيرة في بورنيو وشومطرة، ولَقَبُوه «أورانغوتان» كلمة ماليزيّة تعني «إنسان الغابات».



## الوزغة الطيارة

تعيش الوزغة الطيارة (نيكوزون كهلي) في الغابات المطيرة الماليزيّة. وبفضل الطيّات الجلديّة على طول جانبي جسمها وذيلها وأرجلها تمكّنها الانزلاق شرعياً من شجرة إلى أخرى، كما إنّ هذه الطيّات تُموِّلها وهي جالسة على نِحاء الشجر. والوزغة مُزوَّدة بمخالب حادّة وخيوط خرسنيّة في أقدامها تُساعدُها على الالتصاق بخدوح الشجر الرّقيقة.



## أخطارُ تهدّد الغابات المطيرة

لقد دُمِّرَ أكثر من نصف الغابات المطيرة في العالم منذ العام ١٩٤٥، وأدّى ذلك إلى انقراض مئات الأنواع من الحيوانات والنباتات. ويُقدَّرُ الخِسرانُ مُعدَّلُ هذا التدمير حاليّاً بمساحة مُلعب لكرة القدم كُلّ ثانية! والأخطارُ الرئيسيّة التي تُهدّد هذه الغابات حاليّاً مُضدّرها فاطعو الأشجار للخشب، ومُجتثو الحراج للزراعة وإنشاء المزارع أو لتربية المواشي أو للتّقيب عن النّفط والمعادن.

يتقطر المطر متساقطاً غير الشجر فتتلقاه الأوراق والأغصان والجذور. وتفقّد الأشجارُ فائض الماء بالتّسّك والتّجفُّف من أوراقها.

## الدورات في

## الغابات المطيرة

الماء والأكسجين والمعادن والسُغديّات تُمرُّ عبر الشجر. وبسبب الدّفع والرّطوبة. أساساً، في الغابات المطيرة المداريّة، يُعاد تدويرُ السُغديّات من التّربة بسرعة إلى المُقلّة بواسطة الشجر. وهذا يعني أنّ التّربة تبقى فقيرة لا تصلح للزراعة.

يُؤخِّدُ الأكسجين أثناء التنفُّس ويُلفظُ أثناء التّخليق الضوئي. كما يُلفظُ ثاني أكسيد الكربون أثناء التنفُّس ويُؤخِّدُ أثناء التّخليق الضوئي.

تستقطب الأوراق والحيوانات المنيّة إلى الأرض.

البكتيريا والفطريّ في التّربة تُفكّكُ الموادّ الميتة، فيمنحُ الشجرُ السُغديّات منها، عبر جذوره. ويستخدّمها لينمو.



## دراسة الغابات المطيرة

تعيش آلاف من الأنواع الحيوانيّة والنباتيّة في الغابات المطيرة ولا نعرفُ انغماء عنها شيئاً. لكنّ البيّتين مُتكوّنون على دراستها حاليّاً، مُستخدِمين مُعدّات التّسلُّق الجبليّة ليصلوا إلى ذرى الظّلال فيها كما يقومون بِشَقِّ مُمراتٍ دائمة بين الشجر.



## رثاث كوكب الأرض

نُوضِّفُ الغابات المطيرة أحياناً بأنّها رثاث كوكب الأرض. فالمساحات السّابعة منها، كهذه الغابة في ماليزيا، تأخذ من الهواء كمّيّات ضخمة من ثاني أكسيد الكربون وتُعيد إليه كمّيّات كبيرة من الأكسجين والماء أثناء التّخليق الضوئي، ممّا يُؤثّر في مُناخ الأرض بأكملها.

## لزيد من المعلومات انظر

- المناخ ص ٢٤٤
- التّخليق الضوئي ص ٣٤٠
- نظام التّقلُّب في الثّبات ص ٣٤١
- دورات في الغلاف الجوّي ص ٣٧٢
- المؤنّ والثّمويّة ص ٣٨٠
- الحياة البريّة في خطر ص ٣٩٨



# غابات المنطقة المعتدلة

تتكوّن الصنوبريات والشجر العريض الورق في غابات المناطق المعتدلة الشمالية، كـ بعض أنحاء أوروبا وأمريكا الشمالية، ذات المناخ المعتدل - حيث تتميز الفصول بشتاء بارد وصيف حار غير شديد البرد والحر. وتغلب نماء الحراج الصنوبرية شمالاً، فيما تسيطر عريضة الورق بعيداً إلى الجنوب. وتوفر هذه الغابات طعاماً ومأوى لأعداد ضخمة من النباتات والحيوانات. وهي عموماً غير كثيفة التراص، كـ الغابات المطيرة، لذا تستطيع النباتات الصغيرة العيش فيها بما يصلها من ضوء الشمس دونما حاجة لتسلق بواقي الشجر ليبلغوه. وفي المناطق الأبرد يستغرق انجلاء المواد الميتة سنين عديدة مما يجعل دورات المغذيات فيها أبطأ.

متصالب المنقار  
(لوكسيا كيرفروسترا)  
يتكّن من فتح أكواز  
الصنوبر بمناقبه  
يلتويح البزور  
بداخلها.

الفطر الحامضي يؤثّر  
سلباً على الصنوبريات  
فيشقق أوراقها الإبرية.

## الغابات الصنوبرية

يغلب تواجد الصنوبريات في المناخ البارد. والأشجار لا تستطيع سلق الماء من التربة المتجمدة في الشتاء، لكن أوراقها الإبرية أقل فقداً للماء من الأوراق المسطحة العريضة، لذا تظل الصنوبريات دائمة الخضرة على مدار السنة. كما إن الشكل المخروطي، للكثير من الصنوبريات، يجعل الثلج يزل عن أغصانها، ويجنبها خطر التقشع تحت ثقل الثلج المتراكم.

## أخطار تهدد الغابات

لقد أجتثت غابات عديدة في المنطقة المعتدلة لإنشاء المزارع والبيوت. وكثيراً ما تستورد الصنوبريات من بلدان مختلفة لتحل محل الغابات العريضة الورق، لأن الصنوبريات أسرع نمواً وجذوعها المستقيمة أيسر للنشر الواحاً خشبية. لكن الأحياء البرية في الغالب لا تستطيع العيش على الأشجار الجديدة.

مزارع  
صنوبريات من  
جنس بايسيا  
(الراتنجية)  
ولارنكس  
(الارضية) في  
سكولندا

السناجب الزمادية  
(سنورس)  
كارولينشيز (ندور)  
بماز البلوط طعاماً للشتاء.  
وهي بطبيعة الحال، تُضيق بقضها  
تشتت وتنفو اشجاراً جديدة.

تعيش الخريش الم أربع  
وأربعين (ليثوبوس)  
فورفيكاشس في الأماكن  
الرطبة، بين الأوراق مثلاً:  
وتصطاد العناكب والديدان  
وخبز القبان ليلاً.

غفص البلوط (السنديان) تُعدّه  
زناجير الغفص (اندريكوس  
كولاري) بوضع بيوضها على  
براعم السنديان في الربيع. فتتطور  
البوقانات داخل الغفصات إلى زناجير تاكل  
طريقها إلى خارج الغفص في الخريف.

## منظومة بيئية سنديانية

شجرة السنديان من غريصات الورق، تؤلف منظومة بيئية متكاملة. فهي تخلق غذاءها بنفسها، وتغذو أوراقها وأزهارها وثمارها وليحافها وخشبها طعاماً للحشرات والطيور والثبونات الصغيرة. وهذه الكائنات تغذو بدورها طعاماً للحيوانات الأكبر. وفي نهاية المطاف تموت الحيوانات جميعها وتتحل موادها فتعود إلى التربة، وتغضها الشجرة مُجدداً كمغذيات وتستخدمها في عملية النمو. وتتغير المنظومة البيئية مع الفصول فتنبث فروعا مورقة في الربيع وتُسقط أوراقها في الخريف. أما في الشتاء، فتتهجج الشجرة وتنبت الحيوانات أو تقلل نشاطها أو تهاجر.

نقار الخشب  
الارقط الكبير  
(بندروكوس ميجر)  
يُفشش في تجاويف الشجر  
ناقذا جذوعها البالية بحثاً عن  
خشرات ياكلها.



يعيش جمار القبان  
(يوزسليو شكابر) في  
الأماكن المظلمة الرطبة  
تحت الورق والججارة  
والحاء والجذوع،  
ويقتدي بالورق المتفقر  
والحاء والفطر.

أوعية الإثمار  
(حاملة الرقاق) في  
الفطر الغسلي  
(ارميلاريا مليا) تثبت على  
أروعات الشجر وعلى  
الأشجار الميتة في الخريف.



## لزيد من المعلومات انظر

- المناخ ص ٢٤٤
- الصنوبريات ص ٣١٧
- النباتات الزهرية ص ٣١٨
- نظام النقل في النبات ص ٣٤١
- دورات في الغلاف الحيوي ص ٣٧٢
- الهجرة والإنبات ص ٣٨١



# الحواضر والمدن

مع تنامي سُكَّانِ المَعْمُورَةِ إلى ما يُقَارِبُ السَّتَّةَ مِلياراتٍ نَسَمَةٍ، تَتَزَايَدُ المِساخاتُ التي تَشْغُلُها الحواضرُ والمدُنُ لِاستِيعابِهِم. وتُضْطَرُّ مُعْظَمُ الأحياءِ البرِّيَّةِ الأصليَّةِ في تلكِ المناطقِ إلى هَجرِ موَاطِنِها. لَكِنَّ بَعْضَ الحيواناتِ والنباتاتِ تَنجَحُ في التَّعايشِ مع الأوضاعِ الجديدةِ - مُستَفيدةً مِنْ مُناخِ المَدُنِ الأَدْفَا (عِدَّةُ درجاتٍ مِنْ جَوِّ الرِّيفِ) والأَقْلَ تَعَرُّضًا لِعَصفِ الرِّيحِ. كما تَعْدُو فَضلاتُ البَشَرِ ونُفاياتُ مَطابخِهِم مُضدَّرَ غِذاءٍ وَفيرًا لِلكَثيرِ مِنَ الحيواناتِ الأصليَّةِ.

## الحياة في نظام بيئي حضري

يُوفِّرُ البَيتُ وَخَدِيقَتُهُ في نِظامِ بَيتي حَضَريٍّ، كالمُبيِّنِ هُنا، مَجالَاتٍ حَيَوِيَّةً مُتنوِّعةً لِلنباتاتِ والحيواناتِ. فَالطُيُورُ، كَالزَّرَازِيرِ، تَبِيتُ وَتُعشُّشُ في السَّقْفِ مَعَ الخُفافِيشِ والسَّنَاجِبِ. وَالكَلَناتُ الأصْفَرُ، كَالضَّرَاصِيرِ (بَنَاتِ وِردانٍ) وَالتَّمالِ وَالخُفافِيسِ وَالمُتَّ، تَجِدُ طِعامًا وَمأوًى لَها خَلْفَ الجُدُرانِ وَتَحْتَ الأَرْضِيَّاتِ وَفي الخَزائِنِ. وَنَعِيشُ الفَرَّانِ وَالجِرْدانِ في مِصارِفِ المِياهِ والمِجاريرِ.

## الثعلب الأحمر

الثعلب الأحمر الذكي (فليس فليس) تكيف جيدًا للعيش في المدن. فهو مُتنوِّعُ القُوَّةِ يَأْكُلُ كُلَّ شَيْءٍ قَريبًا، وَكَثيرًا ما يَغْزُو صناديقَ النُفاياتِ بَحثًا عَنِ فَضلاتِ طِعامِ البَشَرِ.

## الأوبوسومات

تُختَلِفُ أنواعُ الحيواناتِ التي تَعيشُ في المَدُنِ بِاختِلَافِ المَواقِعِ الجِغرافيَّةِ وَالظُرُوفِ المَناخِيَّةِ.

فالأوبوسومُ الفَرِجونيُّ الذَّيْلُ (تريكوسورس فليكيولا) قد تَكَيَّفَ جَيِّدًا لِعِيشِ المَدُنِ في أَسْتراليا. فَهُوَ في الحَياةِ البرِّيَّةِ يَأوِي عَادَةً إلى الجُحُورِ وَالكهوفِ وَتِجاويفِ الشَّجَرِ، لَكِنَّهُ في المَدُنِ تَعَلَّمَ أن يَتَخَذَ لَهِ وَكُنًا في سُقُوفِ المِبانِي. وَتَعيشُ جالِياتُ مِنَ الأوبوسوماتِ في الحَدائقِ العامَّةِ، وَهي تَدُجُّ أحيانًا بِحِيتِ نَعْدُو أَلِفَةً تَتَناولُ الطِعامَ مِنْ أَيْدِي النَّاسِ.

تُعشُّ الخُطاطيفُ (وَلَيَكُونُ أَوْرِيكا) تَحْتَ طَلَفِ السَّقُوفِ.

الذُّبابُ (هَدِيرَا وَفَلَكْس) يَنسَلِقُ الجُدُرانِ مُتَعَلِّقًا بِالجِجَارَةِ أو الطُوبِ.

العناكبُ تُشْجُ شِباكها السَّعِيَّةَ لِاقْتِناصِ فَرانِجِها مِنَ الحَشَرَاتِ.

قد يُجْعَلُ قِسمٌ مِنَ الحَدِيقَةِ مَلاذًا طَبِيعِيًّا لِلحَياةِ البرِّيَّةِ - تَنَمُّو فِيهِ أَعْشابٌ طَوِيلَةٌ وَحِشائِشٌ، وَتَراكِمُ فِيهِ كُومَاتُ الذَّمَنِ وَالْجُدُوعِ المُتَعَطِّةُ بِما يُوفِّرُ لِلكَلَناتِ البرِّيَّةِ الغِذاءَ وَالْمأوَى.

تَتَخَذُ النُّحُلُ كُؤارَةً في تَجويفِ جِدَارِي أو في أَصْبِصِ لَوَهاٍ قَدِيمٍ.

نَحْتِيبُ لِلعَلاجِيمِ السَّعِنَةُ (يُوفُو يُوْفُو) تَحْتَ الجِجَارَةِ نَهارًا، وَتَخْرُجُ لَيْلًا لِتَصِيدَ الدِّبْدِبانِ وَالْفَرانِقِ وَخَميرِ القُتَّانِ.

الخُفافِيشُ السَّامِعُ (بُيْشْتِرْلُس) يَبيْتُ في زَوَايا عِلْيَةِ السَّقْفِ.

الطُّعَامُ المَترُوكُ خَارِجًا عَلى مَوائِدِ الطَّيْرِ يُساعِدُ الطُّيُورَ وَالسَّنَاجِبَ عَلى العِيشِ جِلالَ الشِّتاءِ.

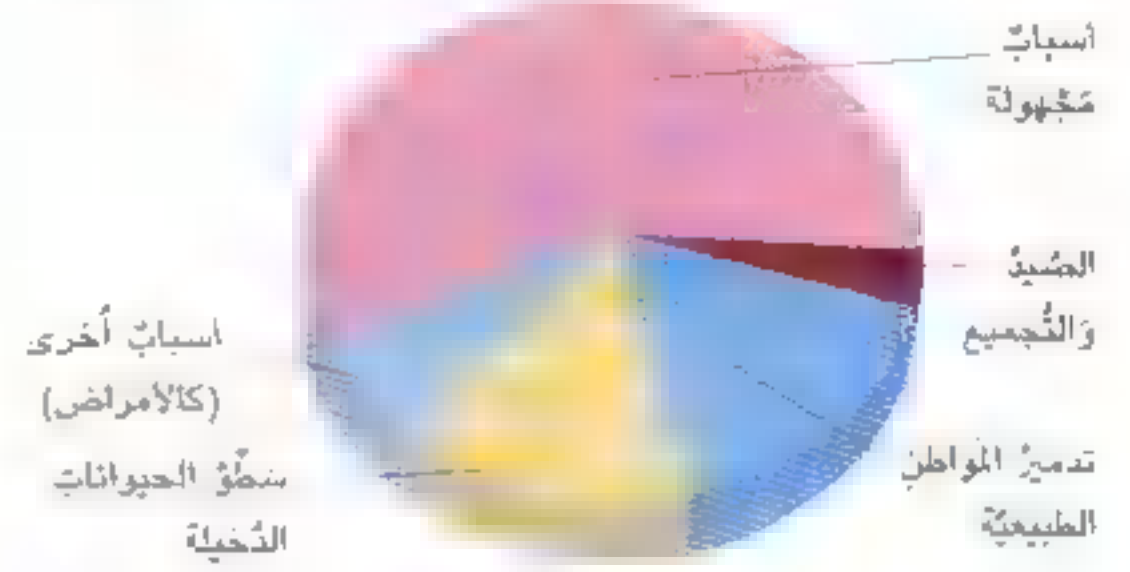
### لمزيد من المعلومات انظر

المناخ ص ٢٤٤  
البشر وكوكبهم ص ٣٧٤  
الفضلات وإعادة تدويرها ص ٣٧٦  
العشيرة والتعايش ص ٣٧٩  
خفايا ومعلومات ص ٤٢٤



# الحياة البرية في خطر

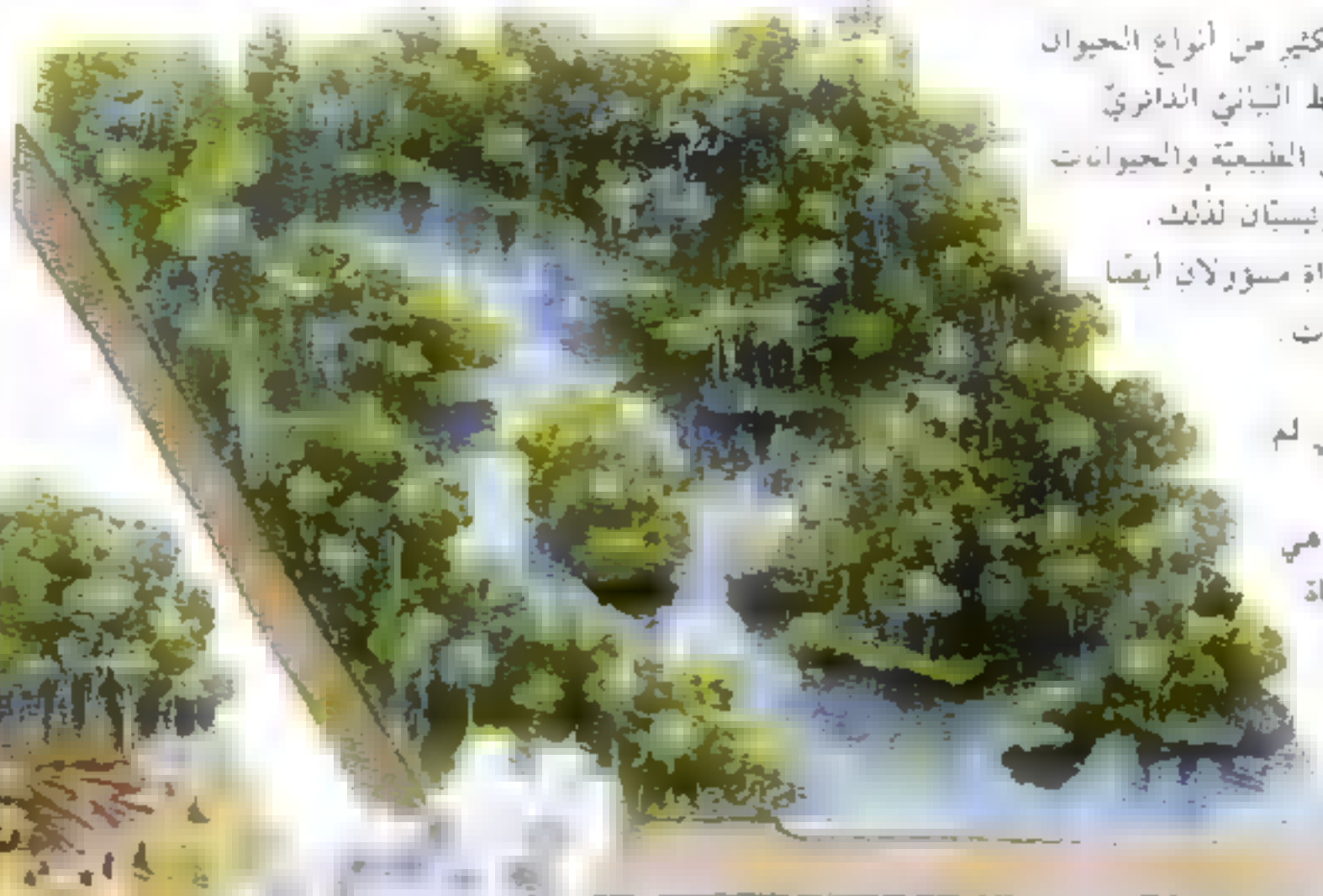
مئات الملايين من أنواع النباتات والحيوانات التي ظهرت منذ بدء الحياة على الأرض قد انقرضت؛ والبعض منها قد اندثر نتيجة لعمليات التطور والعوامل الطبيعية. لكن الإنسان، في الـ ٣٠٠ سنة الأخيرة، سرّع عملية الانقراض أكثر من ١٠٠٠ مرة بتدمير المواطن الطبيعية وتلويث البيئة وصيد مختلف الأنواع وتجميعها. ومن العسير احتساب سرعة انقراض الأنواع هذه بدقة حاليًا، لكن بعض الخبراء يُقدِّرونها بحوالي ١٠٠ نوع يوميًا - أي نوعًا كُلُّ رُبْع ساعة. ويُقدِّرون أن ما يُقارب المليون نوع مُهدِّد بالانقراض خلال الـ ٢٠ سنة القادمة ما لم تُتخذ الآن إجراءات حاسمة لتفادي ذلك.



## أسباب الانقراض

الأسباب الحقيقية لانقراض الكثير من أنواع الحيوان لا تزال مجهولة، لكن المخطط البياني الدائري أعلاه، يُبين أن تدمير المواطن الطبيعية والحيوانات السجلوبة الدخيلة هما سببان رئيسيان لذلك. كذلك فإن الصيد وتجميع الهواة مسؤولان أيضًا عن اختفاء العديد من الحيوانات.

المناطق الرطبة البكر (التي لم تعمل فيها يد الإنسان)، كالشجيرات والسيخات، هي مواطن طبيعية غنية للحياة البرية، بخاضة للحشرات والأسماك والمفترسات.



أسباب تدمير المناطق الرطبة تشمل: التحفيف والطفر (الإنشاء المزارع والمدر والموانئ والمصانع)، والتلوث وتعدين الخث والوقود والمعادن، وقطع الأشجار للحطب.

أبو منجل القزمي (بودوسيفس روبور)



## تدمير المناطق الرطبة

المناطق الرطبة هي إحدى الأنظمة البيئية الأكثر تعرضًا للتهديد في العالم؛ وقد تم تدمير أكثر من نصفها بالفعل. لقد زال بعضها بأسباب طبيعية كارتفاع مستوى سطح البحر أو الجفاف أو العواصف الهوجاء. لكن الكثير منها دُمِّر بفعل الإنسان. إنَّ تَجْنِيف هذه المناطق يجعل التحكُّم بالحشرات والفيضانات ممكنًا - فتصبح أكثر أمانًا لِعِيش الناس في الجوار. لكن ذلك يترك الحياة البرية دونما مكانٍ تلجأ إليه.

يُوردونيكو: ٣٤ نوعًا  
ماليزيا: ٩ أنواع  
ترينيداد وتوباغو: ٨ أنواع  
الولايات المتحدة الأمريكية: ٥ أنواع  
فنزويلا: ٣ أنواع  
سيشل: نوعان

## طيور في خطر

مُسْتَعْمَلَات الغرام (المُسْتَعْرِقِيَّة) هي ضروب من المناطق الرطبة على الشواطئ المدارية. والطيور بخاضة، هي الأكثر تعرضًا للخطر جراء تدمير تلك المُسْتَعْمَلَات. ويبيِّن المخطط أعلاه العدد المُقدَّر لأنواع الطيور المُهدَّدة بالانقراض في المُسْتَعْمَلَات المُسْتَعْرِقِيَّة حول العالم اليوم.

## نباتات في خطر

يُقدَّر الخبراء أنَّ قرابة رُبْع الأنواع النباتية في العالم مُهدِّد بالانقراض نتيجة لتدمير مواطنها الطبيعية أو تسويقها. نبات الشبب القضي (أرجيروولفم كونس) هذا في هاواي، مُهدِّد بالانقراض لإدخال الماعز التي ناكته؛ ولإقبال هواة تجميع النباتات على اقتنائه.



## البُندا النادر

يعيش البُندا المُصَحَّم (البُندوبودا ملانوليوك) في غابات الخيزران في الجنوب الغربي من الصين. لكن معظم حراج الخيزران قد اجْتُثَّت وحلَّ محلها القرى وخقول الأرز. ويُعتقد أن عدد البُندَات المُصَحَّمة الباقية هو بين ٣٠٠ و ٤٠٠ فقط. تعيش في غابات صغيرة من الخيزران مُفصَّل بينها أراضي زراعية.







محاصيل قصب السكر  
الأسترالية تُلغىها أفاع  
كخنافس القصب.



القنارن بطبيعتها آفة للمزارعين،  
لكنها لم تكن الفرائس المقصودة  
عندما جُلبت غلاجم القصب إلى  
كويزلاند.



الضفادع المحلية  
(الأصلية) ليست آفة  
لمزارعي قصب السكر.

خنافس القصب

(درغوليدا البوهيرتوم)  
تأكل قصب السكر.



غُلجوم القصب يأكل  
خنافس القصب  
وحشرات أخرى.

غُلجوم القصب يأكل القنارن  
والقوارض الصغيرة الأخرى.

غُلجوم القصب يأكل  
الوزغ وعظايا أخرى.



العظايا والوزغ خليفة  
المزارعين ضد الحشرات.

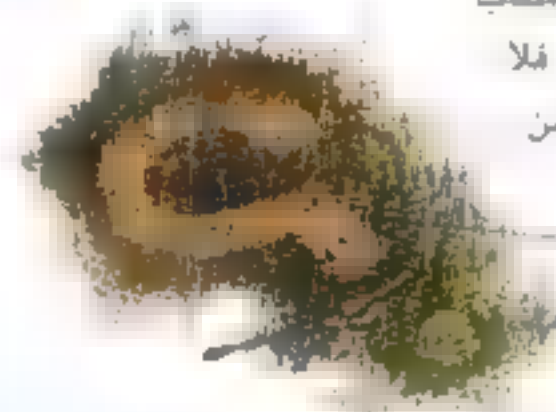
أدخل غُلجوم القصب  
(بوفو ماريئوس) إلى  
الشبكة الغذائية.



### استجلاب الأنواع

في العام ١٩٣٥، أُدخل نوع من الغلاجم  
الأمريكية إلى منطقة كويزلاند في أستراليا -  
كعدو طبيعي للخنافس المدمرة لقصب السكر.  
لكن الغلاجم لم تكن تقتل الخنافس بل  
راحت تأكل كائنات عديدة أخرى. وبإعدام  
المفترسات الطبيعية للغلاجم، فقد تكاثرت  
بأعداد ضخمة غدت تدمر الحياة البرية  
الأسترالية الأصلية.

لا يوجد عدد كافٍ من  
مفترسات غلاجم القصب  
للتحكم في تكاثرها - فلا  
تقتلها إلا الجبابغ من  
الطيور أو الخيالات  
أحياناً.



### الفقمة الرأهية

الفقمة الرأهية (من نوع موناكس) هي بعض  
أندر الفقمة في العالم. فالمشتري منها يقل عن  
٥٠٠ في البحر الأبيض المتوسط و١٥٠٠ في  
هاواي. وقد انقرض ما كان يعيش منها في  
البحر الكاريبي. إن تلوث البحر، والصيد،  
والمراكب السريعة، والطائرات قد أفلقت راحة  
الفقمة وأخلت بنظام توالدها.



### تجارة الحلود

الكثير من الحيوانات البرية لا تزال تُصطاد، وغالباً بصورة غير قانونية،  
طلباً لجلدها أو قرنها أو أنيابها. فبعض الناس يُوافقون لارتداء معاطف  
من حلود السموريات الكبيرة، كالفهود والسمور. ويُنشئ الشكل الياباني  
أعلاه، مُجمل المصاحرات العالمية من الحلود. وقد تناقصت هذه  
الكائنات كثيراً في الثمانينات، لكن كثيراً من هذه السموريات لا تزال  
تواجه خطر الانقراض.

١٩٨٧	١٩٨٣
١٩٨٩	٣١٨٠٠٠
١٩٧٧	١٠٩٥٠٠
١٩٨٠	١٠٩٥٠٠
١٩٨٠	١٠٩٥٠٠

### حداق الحيوانات

دأت الناس منذ القدم على اصطلياد الحيوانات البرية وعرضها في  
حداق ومُتْرَافعات. الكثير من هذه الحيوانات كان نادراً، وقد غدا  
يتنافس الحداق على اقتنائه مُهذَّباً بالانقراض. وتقوم معظم  
حداق الحيوان اليوم باستيلاد حيواناتها؛ كما يقوم بعضها  
باستيلاد حيوانات برية نادرة - كالمهاة العربية والشماس الذهبي  
والذئب الأحمر - ثم إعادة نشرها في موطنها البرية.

### لمزيد من المعلومات انظر

- دوراث في الغلاف الحيوي ص ٣٧٢
- البشر وكونهم ص ٣٧٤
- الفضلات وإعادة تدويرها ص ٣٧٦
- السلاسل والشبكات الغذائية ص ٣٧٧
- المناطق الرطبة ص ٣٨٩
- الحفاظ على البيئة الطبيعية ص ٤٠٠
- حداق ومعلومات ص ٤٢٤



# الحفاظ على البيئة الطبيعية

فراش الخنثى البرقالية الزرقاء (مليكتا اثلثا)  
- درست احتياجاتها الخاصة  
واعيدت إلى الحياة البرية.



حصان برزولسكي (أخوس قيزس) -  
استولذ في الأشهر وأعيد إلى الحياة البرية.



قضاة البحر الجنوبي (انهياريس  
لوترا) - محظور صيده وفصان  
في محميات الحياة البرية.



إوزة هاواي (برانكا)  
ساندفيش (استولذ)  
في الأشهر، ثم أعيدت للحياة  
البرية.



الكوالا  
(فاسكولازكس)  
سبيريس (محظور)  
صيده وفصان في محميات  
الحياة البرية.



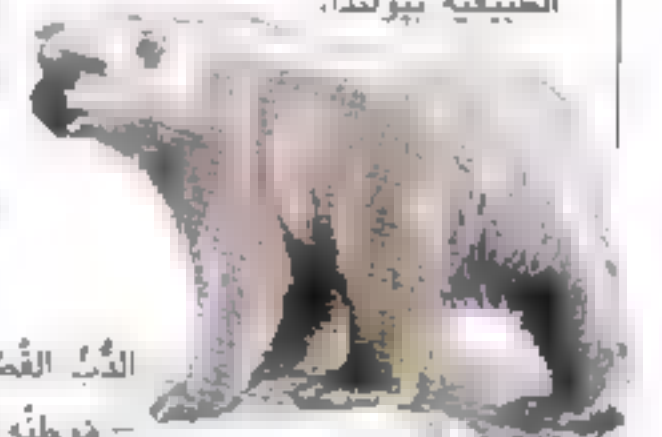
الذئب الأحمر (كانيس روفوس)  
- استولذ في حدائق الحيوان  
وأعيد إلى الحياة البرية.



الحوت الرمادي (إشكريكتوس)  
زوبشوس - صيده محظور.



البيزون الأوروبي (بيزون)  
بوتاسس) مخفي في المحميات  
الطبيعية ببولندا.



## محميات الحياة البرية

كانت حديقة يلوستون القومية في الولايات المتحدة أول  
حديقة قومية في العالم. وهناك اليوم، في مختلف  
أنحاء العالم، مناطق ريفية أفردت كمحميات للحياة  
البرية. فالنباتات والحيوانات في هذه المناطق محمية  
فقد الأماكن من القضاة الآدميين وفواة التجميع، كما  
يحظر على المستثمرين وشركات التطوير تشييد المباني  
فيها. إن بعض هذه المحميات شاسع يشمل آلاف  
الكيلومترات المربعة، وبعضها الآخر لا يتجاوز خزانة  
صغيرة أو قطعة أرض ثم تطلها بغد يد التطوير الحضري.

الذئب القطبي (ثالازكس مارييتوس)  
- موطنه البيئي مخفي وصيده محظور.

زفر إعادة  
التدوير

الزئبق الفرجوني الثورييلشي  
(زيرونيما كشتيمون) - مخفي في  
محميات مجررية.



إيل الاب داوود (الافوروس)  
داقيدنس) - أعيد من  
محميات في الغرب إلى الحياة  
البرية في الصين.



المهاة العربية  
(أوريكس ليوكوريكس)  
استولذ في حدائق  
الحيوان وأعيدت إلى  
الحياة البرية.

## اجتماع القمة لشؤون البيئة

في العام ١٩٩٢، انعقد في ريو دي جانيرو،  
بالبرازيل، مؤتمر حول البيئة، تثلث فيه حكومات  
معظم دول العالم. وتدارس المندوبون وسائل إنقاذ  
كوكبنا. وقد نصب في ريو دي جانيرو شجرة حياة  
ألصقت عليها أوراق كُتب عليها ما وعد الناس بفعله،  
وما يعتقدون أن على الحكومات القيام به.



## كيف يمكنك المساعدة

كل فرد منا يستطيع الإسهام في الحفاظ  
على البيئة والحياة البرية. فانت مثلا  
تستطيع جمع الورق والعلب والمقاي  
الفارغة لإعادة تدويرها. فذلك يساعد في  
خفض عدد الأشجار المقطوعة، والحد  
من حفریات التعدين تحت المواطن  
الطبيعية النادرة. كذلك، يمكنك التوقف  
عن شراء الأشياء المصنوعة من حيوانات  
أو نباتات نادرة، واجتناب العبوات ومواد  
التغليف التي لا يمكن إعادة تدويرها.



## لمزيد من المعلومات انظر

- الغلاف الخيوي ص ٣٧٠
- دورات في الغلاف الخيوي ص ٣٧٢
- البشر وكوكبهم ص ٣٧٤
- الفضلات وإعادة تدويرها ص ٣٧٦
- الحياة البرية في خطر ص ٣٩٨
- خفائق ومعلومات ص ٤٢٤

النمر (بانثيرا تيجريس)  
- محظور صيده  
ومخفي في  
محميات.

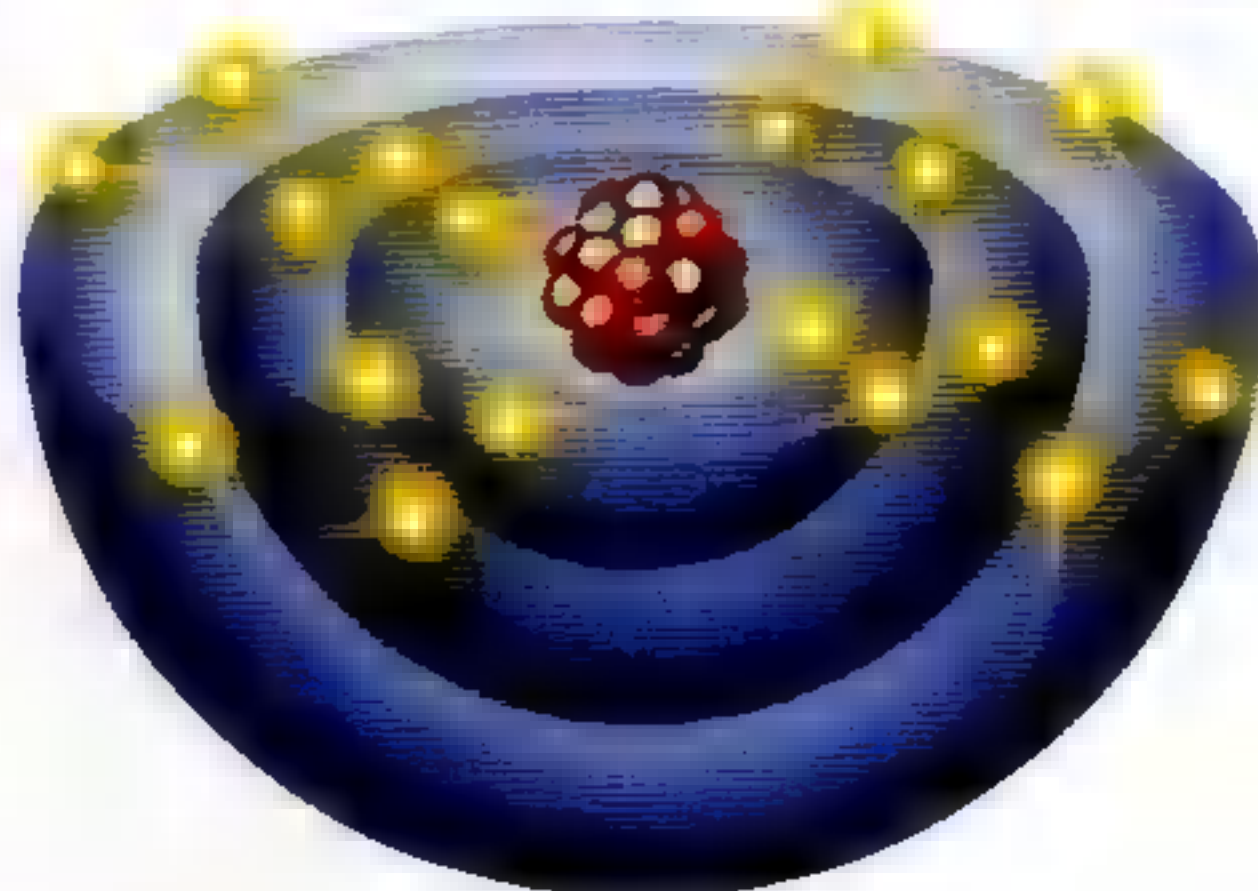




# حقائق ومعلومات

يحتوي هذا القسم مخططات وخرائط وجداول حافلة بالمعلومات والإحصائيات العلمية المهمة. ومواد هذا القسم مرتبة ألفبائياً في هذا الفهرس الموجز لتسهيل الرجوع إليها - علماً أن الفهرس العام ص ٤٣٤ جامع شامل لمختلف مواد الموسوعة.

الصفحة	الموضوع	الصفحة	الموضوع
٤٠٨	- انقوة و ~ (معادلات العلاقة بينهما)	٤٠٥	أجهزة مختبرية (أو مخبرية)
٤٠٩	- انفوارد الطاقة المتغيرة	٤١٦	الأرصاء الجوية - أحوال جوية قصوى
٤١٦	الطقس (معلومات عامة)	٤١٧	- مراكز رصد الطقس الرئيسية
٤١٦	التلوث الكهرومغناطيسي	٤١٧	- مناحات المدن العالمية الكبرى
٤٠٣، ٤٠٢	الغلاف - الجدول الدوري لـ ~	٤١٦	- المنظمة العالمية لـ ~
	الغلاف - اختيارات تعرف = ات (الهيدروجين)	٤١٤	الأرض - تركيب ~
٤٠٤	الأكسجين وثاني أكسيد الكربون	٤١٤	- حقائق جيولوجية
٤٠٤	- نجمي ~	٤٢٣	الاستقلاب - معدلات ~
٤٠٤	- فرائض ~		الانكسار - معدلات ~
٤١٨	القضاء - معلومات فلكية	٤٠٦	الانكسار - معدلات ~
٤٢٣	القياسات	٤٢٥	انفراخ الأنواع - معدلاته والأنواع المهددة به
٤٠٨	الانقراض - معلومات فلكية	٤١٣	الانكسار - معدلات ~
	القياس - وحدات ~ (في النظامين العنري)	٤٠٦	الإنش - استخدامات ~
٤٠٩	والإمبراطوري (وتحويلات)	٤٢٣	الأنش (أنظر: الاستقلاب)
٤٢٠	الكائنات النخية - تصنيفها	٤٠٨	الإنشول - خط ~
٤٢٣	- درجة حرارة أجسامها	٤٢٥، ٤٢٤	الإنشول
٤٢٢	- مدى الأعمار وفترات الحمل	٤١٣	التردد - مدى ~ (لآلات موسيقية)
٤٠٩	كربونات الصوديوم	٤١١	الترميز الثاني - نظام ~
	الكهرباء والمغناطيسية - وحداتها الدولية ورموزها	٤١٢	التعريض الفوتوغرافي
٤١٠	ومعادلاتها	٤٠٥	التفاعلية - سبيلة ~
٤١١	- الرموز الكهربائية والإلكترونية	٤٢١	التلوث
٤١٠	- المقادير الكهربائية	٤١٤	الجدول الأزمنة الجيولوجية
٤١٨	الكواكب السيارة	٤٠٣، ٤٠٢	الجدول الدوري للعناصر
٤١٩	الكويكبات (الصور الفلكية)	٤٢١	الحيوانات (اللافقارية والفقارية)
٤٠٤	الانواع - الشواقي و ~ (الكيميائية)	٤٢٥	- هجرة ~
٤٠٣	المادة - اصطناع ~ (بالاندماج)	٤١٤	خطوط الطول والعرض
	- المواد الأولية: توضعها في العالم،	٤٠٨	درجة الحرارة - مقاييس ~ ~ (الترموترات)
٤٠٧	استخداماتها ومشتجوها الرئيسيون	٤١٨	الرقيم (الكتل النيزكية) الكبرى
٤١٠	المقادير الكهربائية	٤١٧	رموز خرائط الطقس وقراءتها
٤٠٨	مقياس - مقاييس درجات الحرارة	٤٠٤	الشواقي والمواقي (الكيميائية)
٤١٤	- ~ مؤخر لشلالة	٤١٨	الشمس
٤١١	مؤسس - شجرة ~	٤١٥	الصخور - ~ الشائعة
٤٢٠	الثانات (المزهرة واللازهرية)	٤١٥	- دورة ~
٤١٨	النجوم الأشد سطوعاً	٤١٥	الشلالة - مقياس مؤخر لـ ~
٤٢٤	النمو السكاني العالمي	٤١٢	الضوء والضوء (حركة موجية)
٤٢٥	هجرة الحيوانات - مسالكها ومداها	٤١٢	- المعادلة الموجية (لـ ~ و ~)
		٤٠٨	الطاقة - الاستهلاك العالمي اليومي للفرد





# المادة

## الجدول الدوري للعناصر

لقد رُتبت العناصر الكيميائية في هذا الجدول ترتيباً تصاعدياً تبعاً لأعدادها الذرية، كما هي الحال في الجدول الدوري التقليدي. والكتلة الذرية النسبية المعتمدة للعنصر هي للتقدير الأكثر شيوعاً، أو التقدير الأكثر استقراراً في حال

العناصر المشعة. وحيث تغيب المعطيات للعنصر، فهو قصير العمر جداً والكميات التي حُضرت منه ضئيلة جداً يتعذر تحديد خواصه. أنظر ص ٢٢، ٢٤، ٣١، ٣٢.

الوصف الطبيعي	تاريخ الاكتشاف	التكامل	نقطة الغليان °س	نقطة الانصهار °س	الكتلة الذرية النسبية	الرمز	العنصر	العدد الذري
غاز عديم اللون	١٧٦٦	١	٢٥٣-	٢٥٩-	١	هـ	الهيدروجين	١
غاز عديم اللون	١٨٦٨/٩٥	٠	٢٦٩-	٢٧٢-	٢	هـ	الهيليوم	٢
غاز أبيض فضي	١٨١٧	١	١٣١٧	١٧٩	٧	لث	الليثيوم	٣
غاز رمادي	١٧٩٨	٢	٢٤٨٧	١٢٨٣	٩	بي	البريليوم	٤
مستحوق بني داكن	١٨٠٨	٢	٢٥٥٠	٢٢٠٠	١١	بـ	البورون	٥
		٤.٢			١٢	ك	الكربون	٦
جامد أسود	قديم		٣٩٠٠	٣٥٠٠			~ الغرافيت	
جامد عديم اللون	قديم		٤٨٢٧	٣٥٠٠			~ الماس	
غاز عديم اللون	١٨٨٥	٥.٣	١٩٦-	٢١٠-	١٤	ن	النيتروجين	٧
غاز عديم اللون	١٧٧٢	٢	١٨٣-	٢١٩-	١٦	ا	الأكسجين	٨
غاز أصفر مخضر باهت	١٨٨٦	١	١٨٨-	٢٢٠-	١٩	فل	الفلور	٩
غاز عديم اللون	١٨٩٨	٠	٢٤٦-	٢٤٩-	٢٠	نن	النيون	١٠
غاز أبيض فضي	١٨٠٧	١	٨٩٠	٩٨	٢٣	حر	الصوديوم	١١
غاز أبيض فضي	١٨٠٨	٢	١١٠٥	٦٥٠	٢٤	مغ	المغنسيوم	١٢
غاز فضي	١٨٢٥	٢	٢٤٦٧	١٦٠	٢٧	لم	الألمنيوم	١٣
جامد رمادي داكن	١٨٢٤	٤	٢٣٥٥	١٤٢٠	٢٨	سـ	السيليكون	١٤
	١٦٦٩	٥.٢			٣١	لو	الفوسفور	١٥
جامد شفاف	قديم	٦.٤.٢	٢٨٠	٤٤	٣٢	كب	~ الأبيض	
					٣٣	كـ	الكبريت	١٦
جامد أصفر			٤٤٥	١١٩			~ الخشن	
غاز أخضر شفاف	١٧٧٤	٧.٥.٣.١	٢٤٠	١٠١-	٣٥	كل	الكلور	١٧
غاز عديم اللون	١٨٩٤	٠	١٨٦-	١٨٩-	٤٠	غو	الأرجون	١٨
غاز أبيض فضي	١٨٠٧	١	٧٥٤	٦٤	٣٩	بو	البوتاسيوم	١٩
غاز أبيض فضي	١٨٠٨	٢	١٤٨٧	٨٤٨	٤٠	كا	الكالسيوم	٢٠
غاز فضي	١٨٧٩	٣	٢٨٣١	١٥٤١	٤٥	سك	السترونشيوم	٢١
غاز فضي	١٧٩٥	٤.٣	٢٢٧٧	١٦٧٧	٤٨	ت	التانتاليوم	٢٢
غاز رمادي فضي	١٨٠١	٥.٤.٣.٢	٢٢٧٧	١٩١٧	٥١	فن	الفاناديوم	٢٣
غاز فضي	١٧٩٧	١.٣.٢	٢٦٤٢	١٩٠٣	٥٢	كر	الكروم	٢٤
غاز أبيض مخضر	١٧٧٤	٧.٦.٤.٣.٢	٢٠٤١	١٢٤٤	٥٥	مز	المغنيز	٢٥
غاز أبيض فضي	قديم	٣.٢	٢٨٨٧	١٥٣٩	٥٦	ح	الحديد	٢٦
غاز أبيض مخضر	١٧٣٥	٣.٢	٢٨٧٧	١٤٩٥	٥٩	كو	الكوبلت	٢٧
غاز أبيض فضي	١٧٥١	٣.٢	٢٨٣٧	١٤٥٥	٥٨	ني	النیکل	٢٨
غاز لؤلؤي	قديم	٣.١	٢٥٨٢	١٠٨٢	٦٣	نح	النحاس	٢٩
غاز أبيض مزرق	١٧٤٦	٢	٩٠٧	٤٢٠	٦٤	خ	الغارصين	٣٠
غاز رمادي	١٨٧٥	٣.٢	٢٤٠٢	٣٠	٦٩	جا	الجالنيوم	٣١
غاز أبيض رمادي	١٨٨٦	٤	٢٢٥٥	٩٢٧	٧٤	جر	الجرمانيوم	٣٢
جامد رمادي لؤلؤي	١٢٥٠	٥.٣	٦١٢	٨١٧	٧٥	ز	الزرنين	٣٣
جامد رمادي	١٨١٧	٦.٤.٢	٦٨٥	٢١٧	٨٠	سل	السيلينيوم	٣٤
سائل بني محمر	١٨٢٦	٧.٥.٣.١	٥٩	٧-	٧٩	بر	البروم	٣٥
غاز عديم اللون	١٨٩٨	٠	١٥٣-	١٥٧-	٨٤	كن	الكربتون	٣٦
غاز أبيض فضي	١٨٦١	١	٦٨٨	٣٩	٨٥	بيد	الروبيديوم	٣٧
غاز أبيض فضي	١٨٠٨	٢	١٣٨٤	٧٦٩	٨٨	سر	السترونشيوم	٣٨
غاز رمادي لؤلؤي	١٧٩٤	٣	٢٢٢٨	١٥٢٢	٨٩	يت	الإيتريوم	٣٩
غاز رمادي لؤلؤي	١٧٨٩	٤	٤٣٧٧	١٨٥٢	٩٠	كز	الزركونيوم	٤٠
غاز رمادي	١٨٠١	٥.٢	٤٧٤٢	٢٤٦٧	٩٢	نيب	النيوبيوم	٤١
غاز فضي	١٧٧٨	٦.٥.٤.٢.٢	٥٥٦٠	٢٦١٠	٩٨	مو	الموليبدنوم	٤٢
غاز رمادي فضي	١٩٢٧	٧.٦.٤.٣.٢	٤٨٧٧	٢١٧٢	٩٧	تک	التكنيشيوم	٤٣
غاز أبيض مزرق	١٨٤٤	٨.٦.٤.٣	٣٩٠٠	٢٣١٠	١٠٢	ثن	الثوريوم	٤٤
غاز أزرق لؤلؤي	١٨٠٣	٤.٣	٢٧٧٧	١٩٦٦	١٠٣	يم	اليوروبيوم	٤٥
غاز أبيض فضي	١٨٠٣	٤.٢	٢٩٧٠	١٥٥٤	١٠٦	لد	الهولميوم	٤٦
غاز أبيض ناعم	قديم	١	٢٢١٢	٩٦٢	١٠٧	هـ	الفضة	٤٧
غاز أبيض مزرق	١٨١٧	٢	٧٦٧	٣٢١	١١٤	كك	الكانديوم	٤٨
غاز فضي مزرق	١٨٦٣	٣.١	٢٠٠٠	١٥٦	١١٥	غـ	الإنديوم	٤٩
غاز أبيض فضي	قديم	٤.٢	٢٢٧٠	٧٣٢	١٢٠	ق	القصدير	٥٠
غاز فضي	قديم	٥.٢	١٢٨٠	٦٣١	١٢١	غـ	الأنثيمون	٥١
جامد رمادي فضي	١٧٨٢	٦.٤.٢	٩٩٠	٤٥٠	١٢٠	تل	التلوريوم	٥٢
جامد أسود أرجواني	١٨١١	٧.٥.٣.١	١٨٤	١١٤	١٢٧	بي	البود	٥٣
غاز عديم اللون	١٨٩٨	٠	١٠٧-	١١٢-	١٢٢	تـ	الزينون	٥٤



## حقائق ومعلومات - المادة

الوصف الطبيعي	تاريخ الاكتشاف	التكافؤ	نقطة الغليان °س	نقطة الانصهار °س	الكثافة الذرية النسبية	الرمز	العنصر	العدد الذري
فلز أبيض فضي	١٨٦٠	١	٦٧١	٢٩	١٢٣	سز	السترونشيوم	٥٥
فلز أبيض فضي	١٨٠٨	٢	١٦٤٠	٧٢٥	١٢٨	يا	الباريوم	٥٦
فلزي	١٨٣٩	٣	٣٤٥٧	٩٢١	١٢٩	لن	اللانثانوم	٥٧
جامد زمادي ذائق	١٨٠٣	٤,٣	٣٤٢٦	٧٩٩	١٤٠	سي	الميريوم	٥٨
فلز زمادي فولاذي	١٨٨٥	٣	٣٥١٢	٩٣١	١٤١	بر	البراسيوديميوم	٥٩
فلز أبيض مصفر	١٨٨٥	٣	٣٠٦٨	١٠٢١	١٤٢	م	النيوبيوم	٦٠
فلزي	١٩٤٧	٣	٣٧٠٠	١١٦٨	١٤٥	بر	البرومينيوم	٦١
فلز زمادي فاتح	١٨٧٩	٣,٢	١٧٩١	١٠٧٧	١٥٢	سم	الساماريوم	٦٢
فلز زمادي فولاذي	١٨٩٦	٣,٢	١٥٩٧	٨٢٣	١٥٣	بي	الยูโรبيوم	٦٣
فلز أبيض فضي	١٨٨٠	٣	٣٢٦٦	١٣١٣	١٥٨	جد	الجادولينيوم	٦٤
فلز فضي	١٨٤٣	٣	٣١٢٣	١٢٥٦	١٥٩	تأ	التريتيوم	٦٥
فلزي	١٨٨٦	٣	٣٥٦٢	١٤١٢	١٦٤	سب	الديسبروسيوم	٦٦
فلز فضي	١٨٧٨	٣	٣٦٩٥	١٤٧٤	١٦٥	هل	الهولميوم	٦٧
فلز فضي زمادي	١٨٤٣	٣	٣٨٦٣	١٥٣٩	١٦٨	ير	الإربيوم	٦٨
فلزي	١٨٧٩	٣,٢	١٩٤٧	١٥٤٥	١٦٩	تم	التولميوم	٦٩
فلز فضي	١٨٧٨	٣,٢	١١٩٤	٨١٩	١٧٤	تر	الإيتربيوم	٧٠
فلزي	١٩٠٧	٣	٣٣٩٥	١٦٦٣	١٧٥	لو	اللوتشيوم	٧١
فلز زمادي فولاذي	١٩٢٣	٤	٤٦٠٢	٣٢٢٧	١٨٠	هف	الهفيوم	٧٢
فلز فضي	١٨٠٢	٥,٣	٥٤٢٧	٣٩٩٦	١٨١	تا	التانتالم	٧٣
فلز زمادي	١٧٨٣	٦,٥,٤,٢	٥٦٦٠	٣٤١٠	١٨٤	تن	التنجستن	٧٤
فلز زمادي مبيض	١٩٣٥	٧,٤,١	٥٦٢٧	٣١٨٠	١٨٧	ثم	التومبيوم	٧٥
فلز أزرق زمادي	١٨٠٤	٨,٦,٤,٣,٢	٥٢٩٧	٢٧٠٠	١٩٢	مز	الأزيميوم	٧٦
فلز أبيض فضي	١٨٠٤	٤,٣	٤١٣٠	٢٤١٠	١٩٣	يد	الإيريديوم	٧٧
فلز أبيض مزرق	١٧٢٥	٤,٢	٣٨٢٧	١٧٧٢	١٩٥	بت	البيلاتين	٧٨
فلز أصفر لماع	قديم	٣,١	٣٠٨٠	١٠٦٤	١٩٧	ز	الذهب	٧٩
سائل فلزي فضي	قديم	٣,١	٣٥٧	٣٩	٢٠٢	بق	الزئبق	٨٠
فلز زمادي مزرق	١٨٦١	٣,١	١٤٥٧	٣٠٢	٢٠٥	ثل	الثاليوم	٨١
فلز أزرق فولاذي	قديم	٤,٢	١٧٤٤	٣٢٨	٢٠٨	حسا	الزئبق	٨٢
فلز فضي شفاف	١٤٥٠	٥,٣	١٥٦٠	٣٧١	٢٠٩	بز	البروموث	٨٣
فلزي	١٨٩٨	٤,٣,٢	٩٦٣	٣٥٤	٢٠٩	بن	البولونيوم	٨٤
فلزي	١٩٤٠	٧,٥,٣,١	٣٧٠	٣٠٠	٢١٠	ست	الاستاتين	٨٥
غاز عديم اللون	١٩٠٠	٠	٦٢٠	٧١	٢٢٢	ر	الرادون	٨٦
فلزي	١٩٣٩	١	١٧٧	٢٧	٢٢٣	فر	الفرانسيوم	٨٧
فلز فضي	١٨٩٨	٢	١٧٣٧	٧٠٠	٢٢٦	د	الراديوم	٨٨
فلزي	١٨٩٩	٣	٣٢٠٠	١٠٥٠	٢٢٧	كت	الأكتنيوم	٨٩
فلز زمادي	١٨٢٨	٤	٤٧٨٧	١٧٥٠	٢٢٢	ث	الثوريوم	٩٠
فلز فضي	١٩١٧	٥,٤	٤٠٢٧	١٥٩٧	٢٢١	بكت	البروتكتينيوم	٩١
فلز أبيض مزرق	١٧٨٩	٦,٥,٤,٣	٣٨١٨	١١٣٢	٢٢٨	يور	اليورانيوم	٩٢
فلز فضي	١٩١٠	٦,٥,٤,٣,٢	٤٠٩٠	٦٣٧	٢٢٧	تو	التنغستنوم	٩٣
فلز فضي	١٩٤٠	٦,٥,٤,٣,٢	٣٣٣٠	٦١٠	٢٤٤	بل	البليوتونيوم	٩٤
فلز أبيض فضي	١٩٤٤	٦,٥,٤,٣,٢	٣٦٠٧	٩٩١	٢٤٣	مر	الأمريشيوم	٩٥
فلز فضي	١٩٤٤	٤,٣,٢	٣١٩٠	١٣٤٠	٢٤٧	كم	الكوريوم	٩٦
فلز فضي	١٩٤٩	٤,٣,٢	٧١٠	١٠٥٠	٢٤٧	بك	البركليريوم	٩٧
فلز فضي	١٩٥٠	٤,٣,٢	١٤٧٠	٩٠٠	٢٥١	كف	الكاليفورنيوم	٩٨
فلز فضي	١٩٥٢	٣,٢	٩٩٦	٨٦٠	٢٥٤	ين	الايثينيوم	٩٩
فلزي	١٩٥٣	٣,٢			٢٥٧	لم	اللميريوم	١٠٠
فلزي	١٩٥٥	٣,٢			٢٥٨	م	المندليفيوم	١٠١
فلزي	١٩٥٨	٣,٢			٢٥٥	نو	النوبليوم	١٠٢
فلزي	١٩٦١	٣			٢٥٦	لر	اللوهرنيوم	١٠٣
	١٩٦٩				٢٦٠	ألك	أليكنكواديوم	١٠٤
	١٩٧٠				٢٦٢	ألب	أليبيكتينيوم	١٠٥
	١٩٧٤				٢٦٣	أله	أليبيكتينيوم	١٠٦
	١٩٧٦				٢٦٤	ألس	أليبيكتينيوم	١٠٧
	١٩٨٤				٢٦٥	ألو	أليوتكتينيوم	١٠٨
	١٩٨٢				٢٦٦	ألبي	أليبيكتينيوم	١٠٩

### اضمحلال المادة

تضمحل العناصر المشعة بمعدلات سرعة مختلفة. وتبقيت العناصر المختلفة أنواعاً مختلفة من الإشعاع عند اضمحلالها تشمل جسيمات ألفا وجسيمات بيتا وأشعة جاما. ويُدعى الزمن اللازم لاضمحلال نصف الكمية الأصلية للعنصر عمر النصف.

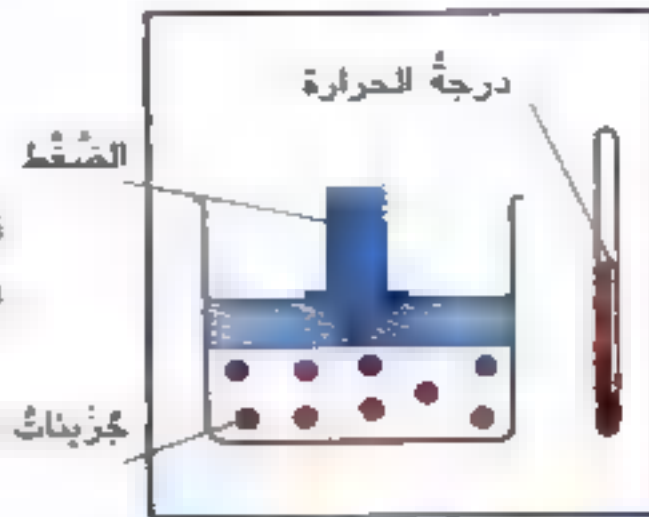
	اليورانيوم ٢٣٨		البليوتونيوم ٢٣٩		الكربون ١٤		الراديوم ٢٢٦		السترونشيوم ٩٠		الهيدروجين ٣
	٤٥٠٠ مليون سنة		٢٤٤٠٠ سنة		٥٧٠٠ سنة		١٦٠٠ سنة		٢٨ سنة		١٢,٣ سنة
	الكوبلت ٦٠		الفسفور ٣٣		اليود ١٣١		الرادون ٢٢٢		الزئبق ٢١٢		أليبيكتينيوم ١٠٥
	٥,٣ سنة		١٤,٣ يوم		٨,١ يوم		٤ أيام		٢٧ دقيقة		٣٢ ثانية



## التفاعلات

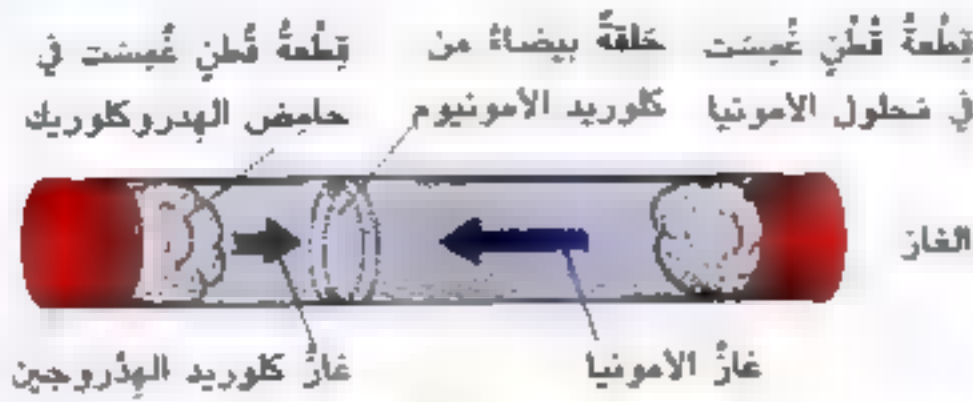
### قانون جريام (جراهام) في انتشار الغازات

سرعة انتشار الغاز تتناسب عكسياً مع كثافته بنبوت الضغط ودرجة الحرارة. أي إن الغاز الأعلى كثافة أقل سرعة انتشار. وهكذا فإن الغازات الخفيفة الجزيئات تنتشر بسرعة أكبر من الغازات الثقيلة الجزيئات.



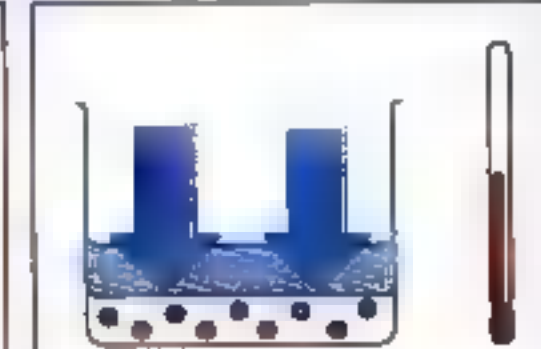
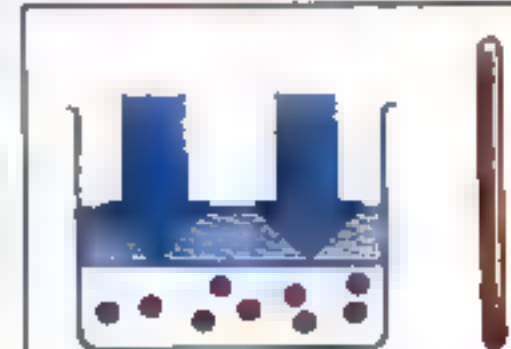
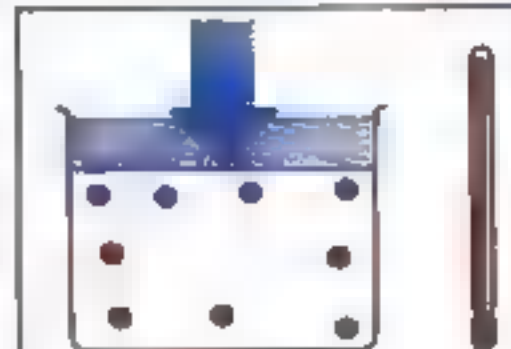
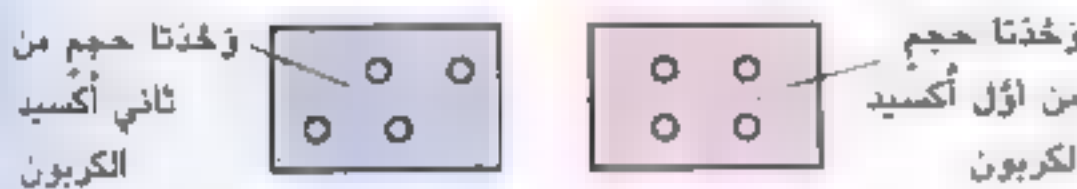
### قوانين الغازات

قوانين الغازات تحكم سلوك الغاز إذا تغيرت ظروفه - من حيث درجة حرارته «المطلقة» (د) أو ضغطه (ض) أو حجمه (ح). في المعادلات أدناه، الرمز (ث) يمثل كمية ثابتة.



### قانون أفوجادرو

الحجوم المتساوية من الغازات تحوي نفس العدد من الجزيئات في حال تساوي درجة حرارتها وضغطها.



قانون شارل  
حجم الغاز يتناسب طردياً مع درجة الحرارة المطلقة، في حال نبوت الضغط (أي بتفقد الغاز بارتفاع درجة الحرارة):  $\frac{V}{T} = \text{ث}$ .

قانون الضغط  
ضغط الغاز يتناسب عكسياً مع حجمه، في حال نبوت درجة الحرارة (أي يقل الحجم بازدياد الضغط):  $\frac{P}{V} = \text{ث}$ .

قانون بويل  
ضغط الغاز يتناسب عكسياً مع حجمه، في حال نبوت درجة الحرارة (أي يقل الحجم بازدياد الضغط):  $\frac{P}{V} = \text{ث}$ .

### قانون الغاز المثالي

قانون الغاز المثالي يجمع قانوني بويل وشارل وقانون الضغط في معادلة واحدة. وتطبق كافة هذه القوانين على جميع الغازات ذات الجزيئات الصغيرة الفسيحة المتباعدة - وهي الغازات التي يقال فيها إنها تشكلت مثلث الغاز المثالي. (ثابت الغاز R، هو نفسه لكل الغازات).

$$PV = nRT$$

### قانون جري لوساك

عندما تتفاعل الغازات لينتج غازات أخرى في درجة حرارة وضغط ثابتين، فإن نسبة أحجام التفاعلات والمنتجات هي نسبة عددية بسيطة صحيحة.



حجم من غاز أول أكسيد الكربون يتفاعل دائماً مع حجم واحد من غاز الأكسجين لينتجاً حجمين من غاز ثاني أكسيد الكربون.

### السوابق والخواص

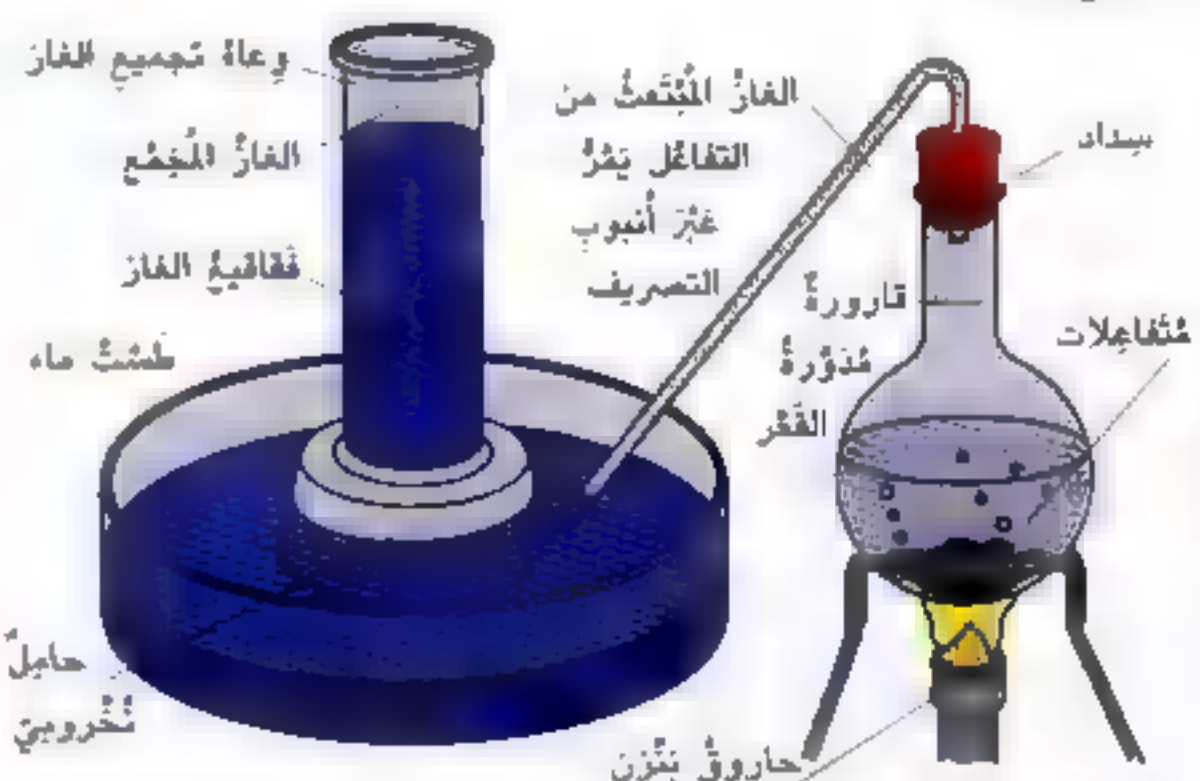
إسم المركب الكيميائي يحددنا على العناصر التي يتألف منها ذلك المركب. ويمكننا الحصول على هذه المعلومات بالنظر إلى لواحقي الاسم الكيميائي أو سوابقه.

المركب ينتهي بـ	الوصف	أمثلة
- يد	يحتوي فقط العنصرين المذكورين في الاسم.	كبريتيد الحديد (ح كب)
- يت	يحتوي الأكسجين بالإضافة إلى العنصرين المذكورين في الاسم.	كبريتات الحديد (ح كب أ)
- ات	يحتوي أكسجيناً أكثر مما هو متواجد في - يت بالإضافة إلى العنصرين المذكورين في الاسم.	كبريتات الحديد (ح كب أ)

السابقة (أو البادئة)	عدد الذرات في البادئة	أمثلة
أول	١	أول أكسيد الكربون (ك أ)
ثاني	٢	أكسيد ثنائي الفلورين (أكسيد الثورون) ن أ ثاني أكسيد النيتروجين (ن أ)
ثالث	٣	ثالث كلوريد البورون (ب كل ٣)

### تجميع الغازات

من العسير تجميع الغاز الناتج عن تفاعل كيميائي، لكن الجهاز المصمم يسهل ذلك.



المختبرات في تحضير ثاني أكسيد الكربون، مثلاً، يمكن أن تكون مُحللة الرُخام (كربونات الكالسيوم) وحامض الهيدروكلوريك المخفف.

### اختبارات تعرف الغازات





## سلسلة التفاعلية

السلسلة التالية تُقارن بين تفاعلية (وفاعلية) الفلزّات المختلفة. فالفلزّات في أعلى السلسلة هي الأكثر تفاعلية، والأقل تفاعلية هي في أسفلها.

الفلزّ	التفاعل عند الإحماء في الهواء	التفاعل مع الماء	التفاعل مع حامض مُخفّف
K البوتاسيوم «يو»	إحتراق شديد يُنتج الأكاسيد.	تفاعل مع الماء البارد لإنتاج غاز الهيدروجين ومحلّول هيدروكسيد قلوي. تقلّ شدّة التفاعل نزولاً نحو أسفل السلسلة.	تفاعل غنيّف يُنتج غاز الهيدروجين ومحلّولاً ملحياً.
Na الصوديوم «ص»	إحتراق يُنتج أكاسيد.	لا تفاعل مع الماء البارد. تفاعل مع البخار يُنتج غاز الهيدروجين وأكسيد الفلزّ. وتقلّ شدّة التفاعل نحو أسفل السلسلة.	تفاعل يُنتج غاز الهيدروجين ومحلّولاً ملحياً. وتقلّ شدّة التفاعل نحو أسفل السلسلة.
Ca الكالسيوم «كا»	إحتراق يُنتج أكاسيد.	لا تفاعل مع الماء البارد. تفاعل مع البخار يُنتج غاز الهيدروجين وأكسيد الفلزّ. وتقلّ شدّة التفاعل نحو أسفل السلسلة.	لا تفاعل
Mg المغنسيوم «مغ»	إحتراق يُنتج أكاسيد.	لا تفاعل مع الماء البارد. تفاعل مع البخار يُنتج غاز الهيدروجين وأكسيد الفلزّ. وتقلّ شدّة التفاعل نحو أسفل السلسلة.	لا تفاعل
Al الألومنيوم «الم»	إحتراق يُنتج أكاسيد.	لا تفاعل مع الماء البارد. تفاعل مع البخار يُنتج غاز الهيدروجين وأكسيد الفلزّ. وتقلّ شدّة التفاعل نحو أسفل السلسلة.	لا تفاعل
Zn الزنك «ز»	إحتراق يُنتج أكاسيد.	لا تفاعل مع الماء البارد. تفاعل مع البخار يُنتج غاز الهيدروجين وأكسيد الفلزّ. وتقلّ شدّة التفاعل نحو أسفل السلسلة.	لا تفاعل
Fe الحديد «ح»	إحتراق يُنتج أكاسيد.	لا تفاعل مع الماء البارد. تفاعل مع البخار يُنتج غاز الهيدروجين وأكسيد الفلزّ. وتقلّ شدّة التفاعل نحو أسفل السلسلة.	لا تفاعل
Pb الرصاص «صا»	إحتراق يُنتج أكاسيد.	لا تفاعل مع الماء البارد. تفاعل مع البخار يُنتج غاز الهيدروجين وأكسيد الفلزّ. وتقلّ شدّة التفاعل نحو أسفل السلسلة.	لا تفاعل
Cu النحاس «نح»	إحتراق يُنتج أكاسيد.	لا تفاعل مع الماء البارد. تفاعل مع البخار يُنتج غاز الهيدروجين وأكسيد الفلزّ. وتقلّ شدّة التفاعل نحو أسفل السلسلة.	لا تفاعل
Ag الفضة «ف»	إحتراق يُنتج أكاسيد.	لا تفاعل مع الماء البارد. تفاعل مع البخار يُنتج غاز الهيدروجين وأكسيد الفلزّ. وتقلّ شدّة التفاعل نحو أسفل السلسلة.	لا تفاعل
Au الذهب «ذه»	إحتراق يُنتج أكاسيد.	لا تفاعل مع الماء البارد. تفاعل مع البخار يُنتج غاز الهيدروجين وأكسيد الفلزّ. وتقلّ شدّة التفاعل نحو أسفل السلسلة.	لا تفاعل

تزداد  
شدة التفاعل  
على الإزاحة.

تزداد  
شدة التفاعل  
على الإزاحة.

## أجهزة مختبرية (أو مخبرية)

هذه بعض أكثر الأجهزة استخداماً في المختبرات.

قائمة: تُسبك القامطة الأنابيب فوق الحامل.

قنق الفلّس: يفصل سائلين لا مزوجين. فالسائل الأكثر كثافة يستقر في القعر، ويمكن استفرغه أولاً.

حامل: يثبت الحامل الأجهزة في مكانها.

قارورة مُسطحة القعر: تُستخدم في تفاعلات السوائل عندما لا يكون هناك حاجة للتسخين.

أنبوب إخلاء: أنبوب من الزجاج السميك الصامد للحرارة، يُستخدم في الإحماء الشديد للجوهر والسوائل.

جفّة تبخير: تُستخدم لاحتواء المحاليل المراد تبخيرها بظرف لطيف لإطراد التبخر.

أنبوب اختبار: يُستخدم في التفاعلات الكيميائية البسيطة، وقد لا يكون ملائماً للإحماء الشديد.

قارورة حجمية: تُستخدم في تحضير محلول دقيق التركيز جداً. والسداد يُمكن من مزج المحاليل جيّداً.

مخبار قياسي مُدرّج: يُستخدم في القياس التفريحي لحجم السائل.

فوق: يُستخدم كالكأس لاحتواء السوائل.

مُخاضة: تُستخدم في إضافة محلول إلى آخر، كما تُسجل كمية المحلول المُستخدم بدقة.

مُخاضة مُدرّجة: تُستخدم لقياس أحجام مُحددة بدقة من السوائل كميات قليلة من السوائل.

قارورة مخروطية: تُستخدم في إجراء التفاعلات. وهي، بخلاف الدورق، يُمكن سدها ببداو.

فقارة: تُستخدم في إضافة كميات قليلة، غير بالغة الدقة، من محلول إلى آخر.



## المواد

### استعمالات الإيثين

يُستَحصَرُ الإيثين خلال عمليات تكرير النفط أو الزيت الخام، بطريقة التكسير. وتُجرى هذه العملية في وحدات كيميائية ضخمة، حيث تعمل الحرارة على تكسير مزيج من الهيدروكربونات يُعرف بالنفثا. وتُستَخدَمُ المُنتَجات الثانوية وقداً أو كمواَد أولية مُهمّة في عمليات كيميائية أخرى. ويُستَخدَمُ الإيثين مُستَقِلاً لِإنتاج الشمار صناعياً، لكن عندما يتفاعل مع الكيماويات، كما أدناه، فإنه يُنتِج مواد جديدة لها ماث الاستعمالات في المجالات الصناعية.

#### بولين (مُتَكوِّن الإيثين)

يُستَخدَمُ في التغليف والتوصيب (كالأغشية اللدائنية اللاصقة والأكياس والقناني)؛ والأدوات المقلوبة (كالألاء، والشوارق والأواني المطبخية)؛ وغيرها (كالمواسير والكُبُول العازلة والملابس والأفلام الفوتوغرافية).

#### إيثانول

يُستَخدَمُ في تحضير سُطُوح الحلاقة والخطوط ومشتحضرات التجميل والكحول المُثَيِّل ومذيبات الدهان والراتنجيات وأنواع الصابون والأصباغ وغيرها (كالكحلان والفقاير - كمشحورات التبنيج، والأنسجة).

#### بوليثيرين

يُستَخدَمُ في صنّع بلاط السقوف وغوازل الجدران المقوّعة والطاسات والأكواب ومواد التغليف (كما في أوعية اللبن)؛ والنّيلون (للملابس والشجّاب) وأوتار مضارب التنس وشبّاك صيد السمك؛ وغيرها (كغواصيّ السيارات والدهانات اللّصّية والأقراص الحاسوبية والألعاب).

#### كلوريد البوليثيريل

يُستَخدَمُ كمادة عازلة وكثفلية واقية (للمواسير الغاز والماء وخرطوم المياه والكُبُول العازلة وتركيبات السقوف وأُظُرُ النوافذ وبلاط الأرضيات)؛ وكذلك لصنّع ورق الجدران والسّنانير والمُشتمعات والملابس الواقية والحفائض اليدوية والألعاب والأشطوانات وشرايط التسجيل، والكيماويات (كالمُخَضّنات المُطهّرة ومزيلات الشّحم) والمُزبّدات وغيرها.

### كربونات الصوديوم

كربونات الصوديوم  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (ص ٢ ك أ ٢) مُركَّب كيميائي صناعي مُهم يُحصَرُ من حجر الجير وبلع الطعام. ويُستَخدَمُ أساساً في صنّع الرّجّاج بالإحماء مع حجر الجير والرّمْل. والرّجّاج زهيد تكاليف الإنتاج لأنّ موادّه الأولية متوافرة بكثرة.

يُستَخدَمُ رماد الصّودا

(كربونات الصوديوم)

(اللامائية) بصورة رئيسية في

صنّع الرّجّاج والكيماويات

والمُتعلّقات. وتُستَخدَمُ كمُثبّت

أقل منه في صنّع مواد أخرى.

كيماويات

٢٥%

مُتعلّقات

١٥%

مواد أخرى

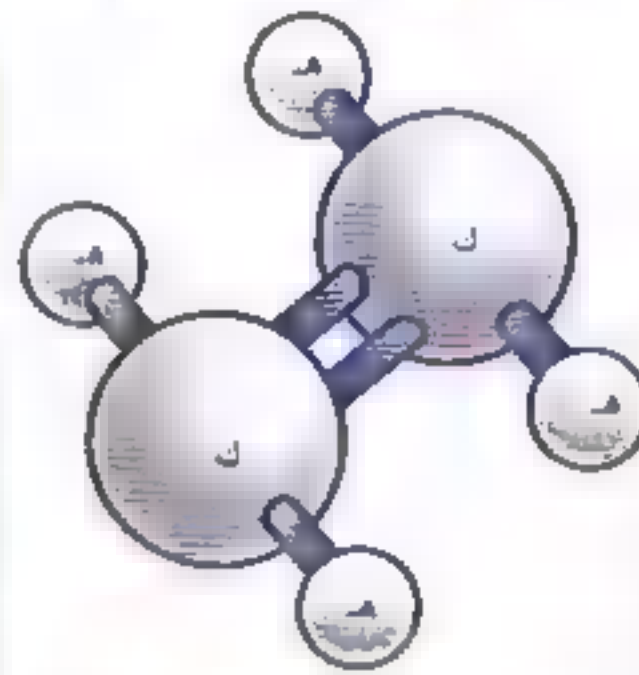
١٠%

### الألكانات والألكينات

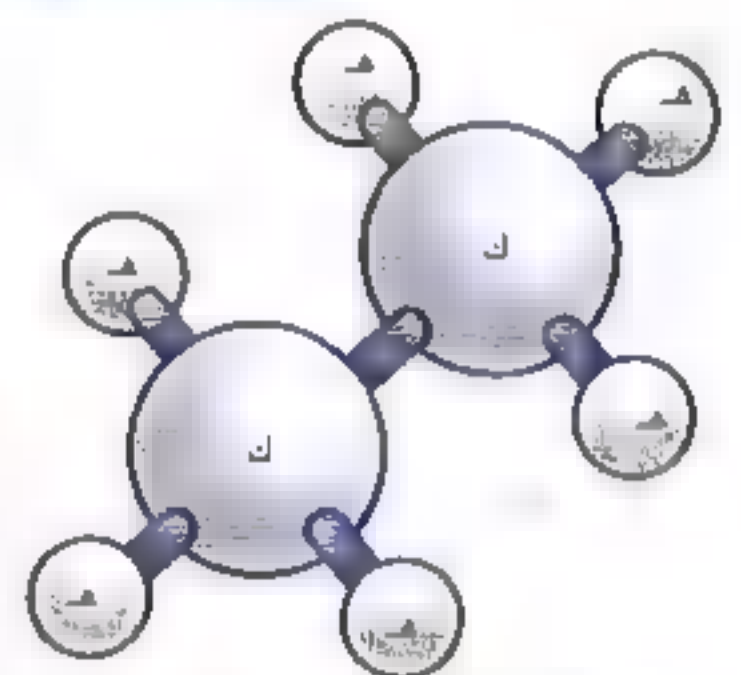
الألكانات والألكينات مُركّبات كيميائية هيدروكربونية تتألّف من عُتَصُرَيْن فَقَط هما الهيدروجين والكربون. ومع أنّ ذرّات هذين العُتَصُرَيْن مُرتّبة بالنّسق نفسه في كلا نوعي المُركّبات، فإنّ الترابط بين ذرّات الكربون أحادي في الألكانات وثنائي في الألكينات. وهذا الفرق يعني أنّ الألكينات تتفاعل مع المواد الأخرى أكثر من الألكانات (أنظر استخدامات الإيثين إلى اليسار). وتُستَخدَمُ الألكانات كوقود بصورة رئيسية. وتباين خصائص الألكانات والألكينات تبعاً لعدد ذرّات الكربون التي تحتويها.

#### الألكانات

عدد ذرّات الكربون في السلسلة	اسم المُركّب	الحالة الطبيعيّة على ٢٢°س	الصيغة الجزيئية
١	الميثان	غاز	$\text{CH}_4$
٢	الإيثان	غاز	$\text{C}_2\text{H}_6$
٣	البروبان	غاز	$\text{C}_3\text{H}_8$
٤	البيوتان	غاز	$\text{C}_4\text{H}_{10}$
٥	البنثان	سائل	$\text{C}_5\text{H}_{12}$
٦	الهكسان	سائل	$\text{C}_6\text{H}_{14}$
٧	الهيپتان	سائل	$\text{C}_7\text{H}_{16}$
٨	الأوكتان	سائل	$\text{C}_8\text{H}_{18}$
٩	النونان	سائل	$\text{C}_9\text{H}_{20}$
١٠	الديكان	سائل	$\text{C}_{10}\text{H}_{22}$



الإيثين المُركّب نموذجي يحوي رابطة ثنائية بين ذرّتي الكربون.



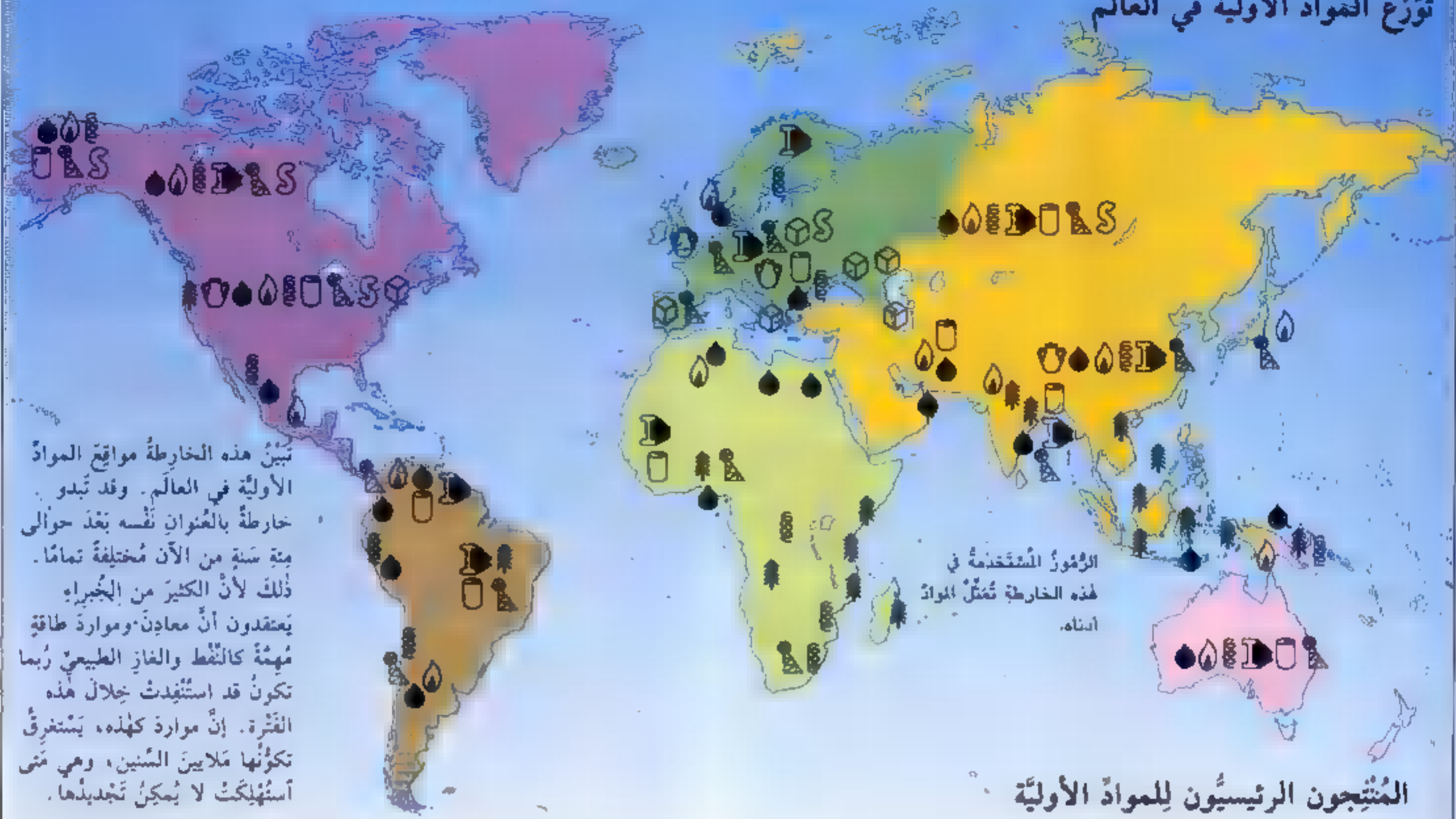
الإيثان مثال على ألكان يحوي رابطة أحادية بين ذرّتي الكربون.

#### الألكينات

عدد ذرّات الكربون في السلسلة	اسم المُركّب	الحالة الطبيعيّة على ٢٢°س	الصيغة الجزيئية
٢	الإيثين	غاز	$\text{C}_2\text{H}_4$
٣	البروبين	غاز	$\text{C}_3\text{H}_6$
٤	البيوتين	غاز	$\text{C}_4\text{H}_8$
٥	البنثين	سائل	$\text{C}_5\text{H}_{10}$
٦	الهكسين	سائل	$\text{C}_6\text{H}_{12}$
٧	الهيپتين	سائل	$\text{C}_7\text{H}_{14}$
٨	الأوكتين	سائل	$\text{C}_8\text{H}_{16}$
٩	النونين	سائل	$\text{C}_9\text{H}_{18}$
١٠	الديكين	سائل	$\text{C}_{10}\text{H}_{20}$



## توزُّع المواد الأولية في العالم



## المنتجون الرئيسيون للمواد الأولية

المادة	المنتجون الرئيسيون	المجموع العالمي
البوكسيت (أكسيد الألومنيوم)	أستراليا ٣٧.٤ مليون طن بجينايا ١٦.٥ مليون طن	١٠٦٤ مليون طن
الفحم الحجري	الصين ١٠٥٤ مليون طن الولايات المتحدة ٨٨٩ مليون طن	٥٨٨٢ مليون طن
النحاس	تشيلي ١.٦ مليون طن الولايات المتحدة ١.٥ مليون طن	٩.٢ مليون طن
الغاز الطبيعي	كندا ٧٩٩.٠٠٠ مليون م <sup>٣</sup> الولايات المتحدة ٤٨٨.٧٤٩ مليون م <sup>٣</sup>	٢١٠٠.٠٠٠ مليون م <sup>٣</sup>
خام الحديد	كندا ٢٤١ مليون طن الصين ١٦٥ مليون طن	٩٨٤ مليون طن
كاولين (طقل)	كندا ٢٣.١ مليون طن الجمهورية الكورية ١.٣ مليون طن	٢٣.١ مليون طن
النفط	كندا ٦٠.٧ مليون طن الولايات المتحدة ٣٧.٢ مليون طن المملكة العربية السعودية ٢٥.٧ مليون طن	٢٩٨٧ مليون طن
وليع الطعام	الولايات المتحدة ٣٥.٥ مليون طن الصين ٢٨.٢ مليون طن	١٨٩ مليون طن
الكبريت	الولايات المتحدة ١١.٦ مليون طن الصين ٧.٤ مليون طن	٦٠.٣ مليون طن
الخشب	الولايات المتحدة ١١.٩ مليون م <sup>٣</sup> كندا ٨.٦٣ مليون م <sup>٣</sup>	٧١.٤٧ مليون م <sup>٣</sup>

• إتحاد الجمهوريات السوفييتية الاشتراكية سابقاً

## استخدامات المواد الأولية

المواد الأولية	الاستخدامات
البوكسيت (أكسيد الألومنيوم)	أهم مصدر للألومنيوم - الذي يُستخدم في صناعة الطائرات وزقاق التغليف والسيارات والذهابات والأواني المطبخية.
الفحم الحجري	يتألف الفحم الحجري بصورة رئيسية من الكربون، ويستخدم وقوداً لتدفئة المنازل وتوليد الكهرباء.
النحاس	يستخدم النحاس في صنع الأسلاك والكابلات الموصلة للكهرباء؛ وفي تصنيع سلسلة من السبائك كالنحاس الأصفر.
الغاز الطبيعي	يستخدم الغاز الطبيعي في صنع الإضاءة؛ وفي المنازل يُستخدم وقوداً للتدفئة والطبخ.
خام الحديد	يستخدم الحديد في تصنيع قطع شحركات السيارات والمعدات وفي صنع الفولاذ والفولاذ أقوى من الحديد وأخذ المواد الرئيسية في بناء الجسور والمباني الشاهقة.
كاولين (طقل)	يستخدم الكاولين في صنع الطوب والإسمنت لبناء المنازل، والخزفيات لصنع الفخار.
النفط	يستخدم النفط وقوداً لمحركات الطائرات والسيارات والمصانع، وفي صنع اللدائن.
وليع الطعام	يستخدم الليمون تابللاً للطعام، وفي صنع هيدروكسيد الصوديوم (الصودا الكاوية) وكربونات الصوديوم.
الكبريت	يستخدم الكبريت في تحضير حامض الكبريتيك، الذي يُستخدم في تصنيع الدهانات والمنظفات واللدائن واللاصقات.
الخشب	يستخدم الخشب في بناء المنازل وصنع الجيران (ج. جازن) والأبواب والأثاث؛ وهو أيضاً المادة الأولية لصنع الورق.



## القوى والطاقة

### مُعَادَلَاتِ الْقُوَّةِ وَالطَّاقَةِ

تُستخدَمُ المُعَادَلَاتُ التَّالِيَةُ عَادَةً فِي الْفِيزِيَاءِ . إِنَّ بَعْضَ الْوَحَدَاتِ الْمُسْتخدَمَةِ فِي حِسَابِ هَذِهِ الْمُعَادَلَاتِ وَارِدَةٌ فِي جَدَاوِلِ وَحَدَاتِ الْقِيَاسِ الْجُتْرِي وَالْإِمْبَرَاتُورِي فِي الصَّفْحَةِ الْمُقَابِلَةِ .

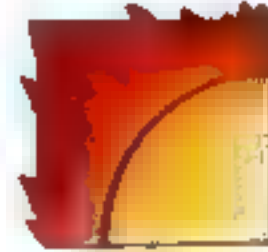
السرعة (م/ث)	المسافة المقطوعة (م)	الزمن (ث)
القوة (كغ/م <sup>2</sup> أو ن)	الكتلة (كغ) × التسارع (م/ث <sup>2</sup> )	
التسارع (م/ث <sup>2</sup> )	تغير السرعة (م/ث)	الزمن (ث)
كثافة التحرك (كغ/م <sup>3</sup> )	الكتلة (كغ) × السرعة (م/ث)	
الدفع (ن ث)	القوة (ن) × الزمن (ث)	
الشغل (ن م أو جول)	القوة (ن) × المسافة المقطوعة (م)	
شغل القدرة (جول/ث أو واط)	الشغل المبذول (ن م) أو تغير الطاقة (جول)	الزمن (ث)
الكفاءة (%)	الشغل الناتج (ن م) × ١٠٠	الشغل المبذول (ن م)
الضغط (ن/م <sup>2</sup> )	القوة (ن)	المساحة (م <sup>2</sup> )
الكثافة (كغ/م <sup>3</sup> )	الكتلة (كغ)	الحجم (م <sup>3</sup> )

مفتاح الرموز: جول - جول، كغ - كيلوغرام، م - متر، ن - نيوتن، ث - ثانية، واط - واط.

### مقاييس درجات الحرارة (الترموترات)

تقاس درجات الحرارة بالترموتر (ميزان الحرارة) الذي يقيس درجة حُمُو أو بُرودة الأجسام أو الأشخاص . وكلما ارتفعت قراءة المقياس كان حُمُو الجسم أكثر . إذا كانت درجة حرارة جسم ما دون درجة الصفر على مقياس سلسيوس (وهي نقطة تجمد الماء) فنقرأ كرقم سلبى .

درجة حرارة مركز الشمس ١٤ مليون °س



ينغلي الماء على درجة ١٠٠ °س (في ضغط عياري)



درجة الحرارة القصوى التي يتحملها جسم الإنسان العاري ٧٤ °س



درجة حرارة جسم الإنسان العادية ٣٧ °س



درجة الحرارة الدنيا التي يتحملها جسم الإنسان العاري ١٠ °س



درجة تجمد الماء صفر (٠) °س



سلسيوس	فرنهيت	كلفين
١٠٠	٢١٢	٣٧٣
٩٠	١٩٤	٣٦٣
٨٠	١٧٦	٣٥٣
٧٠	١٥٨	٣٤٣
٦٠	١٤٠	٣٣٣
٥٠	١٢٢	٣٢٣
٤٠	١٠٤	٣١٣
٣٠	٨٦	٣٠٣
٢٠	٦٨	٢٩٣
١٠	٥٠	٢٨٣
٠	٣٢	٢٧٣
-١٠	١٤	٢٦٣
-٢٠	-٤	٢٥٣

### مُعَدَّلُ الاسْتِهْلَاكِ الطَّاقِي اليومي لِلْفَرْد

يُبيِّنُ الْمُحَسَّطُ التَّالِي مَدَى اخْتِلَافِ اسْتِهْلَاكِ الشَّخْصِ لِلطَّاقَةِ يَوْمِيًّا مِنْ بَلَدٍ إِلَى آخَرٍ . الْأَرْقَامُ الْمُعطَاةُ تَشْمَلُ مُخْتَلِفَ مَصَادِرِ الطَّاقَةِ - كَالطَّعَامِ وَالْكَهْرَبَاءِ وَالْغَازِ وَالْبِتْرُولِ - بِمُخْتَلِفِ مُسْتَقَاتِهِ .



الاستهلاك الطاقى اليومي للفرد بالكيلوجول

أستراليا ١٦.٥ مليون



الولايات المتحدة ٢٤ مليون



### خَطُّ يَلْمَسُول

تُظهِرُ الشَّمْسُ لَأَنَّ مُعَدَّلَ كِتَابَتِهَا أَقْلُ مِنْ كِتَابَةِ الْمَاءِ . وَيُطْلَى عَادَةً عَلَى جَانِبِ هَيْكَلِ السَّفِينَةِ عَلَامَةٌ تُدْعَى خَطُّ يَلْمَسُولِ يُبَيِّنُ الْحُمُولَةَ الْمَأْمُونَةَ الْفَضْوَى . فَإِنْ غَطَّسَتِ السَّفِينَةُ إِلَى مَا فَوْقَهُ تَكُونُ مُقَرَّبَةً الْحُمُولَةِ .

علامات يلمسول حسب

سجل لويدي

مياه عذبة مداري TF

خطوط يلمسول إلى

مستويات الحمولة المأمونة

السفينة في المناخات

والبحار

المختلفة

مياه عذبة F

مياه ملحة مداري T

مياه ملحة صيف B

مياه ملحة شتاء W

مياه المحيطات WNA



2.9



نظام الوحدات الدولي سبيلته من الوحدات المتفق عليها دوليًا للاستخدام في الأغراض العلمية. والمضاعفات المستخدمة، مع بعض الوحدات الكهربائية في هذا النظام صغراً أو كبراً، تشمل: بيكو  $\times 10^{-12}$ ؛ ميكرو  $\times 10^{-6}$ ؛ ميلي  $\times 10^{-3}$ ؛ كيلو  $\times 10^3$ ؛ وميغا  $\times 10^6$ .

المُعَادَلَاتُ الْمُبَيَّنَّةُ أَذْنَاهُ لَا تَعْنِي شَيْئًا بِحَدِّ  
دَاتِهَا. لَكِنْ كَلَّامًا مِنْهَا يُمَكِّنُكَ مِنَ الْحُصُولِ عَلَى  
ثَلَاثِ مُعَادَلَاتٍ - كُلُّ وَاحِدَةٍ مِنْهَا تُمَكِّنُكَ مِنْ  
احْتِسَابِ إِحْدَى الْكَمِّيَّاتِ الثَّلَاثِ إِذَا كَانَتْ  
أَثْنَانِ مِنْهَا مَعْرُوفَتَيْنِ. وَلِلْحُصُولِ عَلَى الْجَوَابِ  
الصَّحِيحِ يَجِبُ التَّعْبِيرُ عَنْ جَمِيعِ الْكَمِّيَّاتِ  
بِوَحْدَاتٍ مِنْ نِظَامِ الْقِيَاسِ نَفْسِهِ (كِنِظَامِ  
الْوَحْدَاتِ الدُّوَلِيِّ).

$$f = \frac{1}{2\pi}$$

$$\frac{1}{a} = c, \frac{1}{b} = d, c + d = 1$$

$$I = \frac{\text{الشحنة الكهربائية}}{\text{شدة التيار} \times \text{الزمن}}$$

$$I = \frac{\text{القابلية}}{\text{شدة التيار} \times \text{المقاومة}}$$

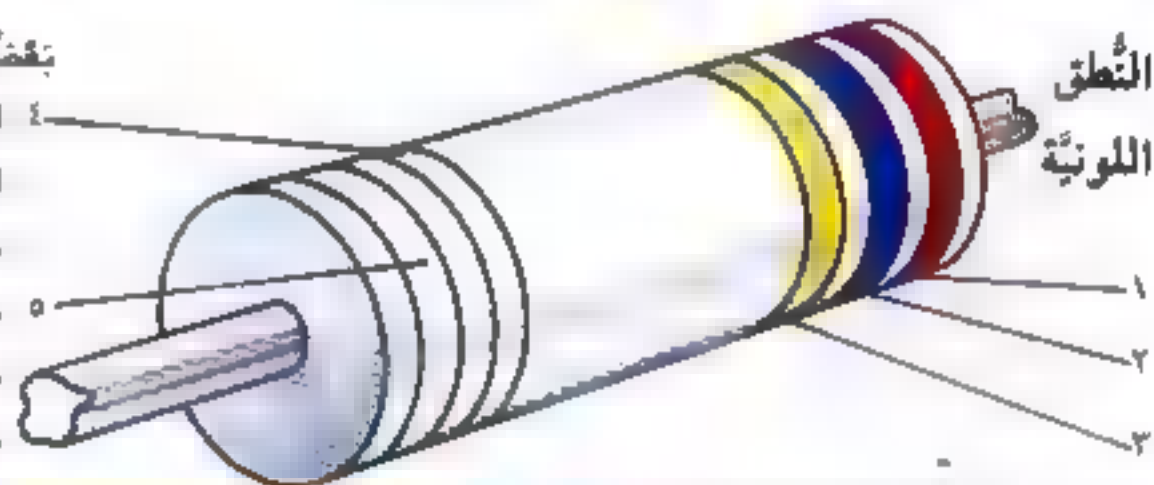
$$I = \frac{\text{القُدرة (المُتَدَة في المَقَاوِمَة)}}{\text{القابلية} \times \text{شدة التيار}}$$

$$I = \frac{\text{الطاقة}}{\text{القُدرة} \times \text{الزمن}}$$

$$I = \frac{\text{السرعة الموجية}}{\text{التردد} \times \text{الطول الموجي}}$$

تُستخدم المقاييس للشحكم في سريان التبار في الدارة؛ وتُقاس المقاومة بالأوم ( $\Omega$ ). ونظهر قيمة المقاومة عادة بالأوم ( $\Omega$ ) - مبيّنة بثلاثة نطق ملوئية هي جزء من شفرة لونية خاصة.

تقضي المقادير تحوي التفاضل الرابع والخامس:  
 ٤- التفاضل المسروح: يُبين مدى قُرب مقاومة المقوم من  
 القيمة المرقومة عليه. مثال ذلك، مقاوم  $100 \Omega$  ٢٪،  
 يعني أن مقاومته تتراوح بين ٩٨ و  $102 \Omega$ .  
 ٥- معامل درجة الحرارة بأجزاء من المليون لكل درجة  
 سيلسيوس (ج/م/°س). هذا المعامل يُبين مقدار  
 تغير المقاومة بتغير درجة الحرارة.



شفرة الترميز	أصفر	برتقالي	أخضر	أزرق	بنفسجي	أبيض	رمي	بنفسجي
نطاق ١ الرقم الأول	٠	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧
نطاق ٢ الرقم الثاني	٠	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧
نطاق ٣ المضاعف	١	١٠	١٠٠	١.٠٠٠	١٠.٠٠٠	١٠٠.٠٠٠	١.٠٠٠.٠٠٠	١٠.٠٠٠.٠٠٠
نطاق ٤ التفاوت المسموح		٪١	٪٢		٪٠,٥	٪٠,٢٥	٪٠,١	
نطاق ٥ كعامل	٢٠٠ ج/م/س	١٠٠ ج/م/س	٥٠ ج/م/س	٢٥ ج/م/س	١٥ ج/م/س	١٠ ج/م/س	٥ ج/م/س	١ ج/م/س



شَفَرَةُ مُوزِسْ

يُمْكِنُ إِزْسَالُ الرِّسَالَةِ بِشَفَرَةِ مُؤَرِّسِ الْمُتَحَنِّنِ عَلَيْهَا دَوْلًا وَالْمُؤَلَّفَةِ مِنْ نَقِيطٍ وَشَرْطٍ تُحْمَلُ الْحُرُوفُ  
وَالْأَرْقَامُ وَسِمَاتٍ أُخْرَى.

a	—	m	—	y	—
b	—	n	—	z	—
c	—	o	—	1	—
d	—	p	—	2	—
e	—	q	—	3	—
f	—	r	—	4	—
g	—	s	—	5	—
h	—	t	—	6	—
i	—	u	—	7	—
j	—	v	—	8	—
k	—	w	—	9	—
l	—	x	—	0	—

## نِظَامُ التَّرْمِيزِ الثَّانِي

تُستخدَم الحاسبات الإلكترونية نظام الترميز الثنائي للأعداد، بالآحاد والأصغار فقط 0 و 1، بخلاف النظام العشري، الذي يحوي عشرة أرقام، من صفر (0) إلى تسعة (9). في النظام العشري، تُمثل الأعداد الطويلة (من اليمين إلى اليسار) الآحاد، العشرات، المئات، الألوف، وهكذا ذوابك. أمّا في النظام الثنائي، فتُمثل الأعداد الطويلة الآحاد، الاثنيّات، الأربعات، الثمانيّات، وهكذا ذوابك.

الأعداد العشرية				الأعداد الثنائية	
8	4	2	1	10	1
0	0	0	0		0
0	0	0	1		1
0	0	1	0		2
0	0	1	1		3
0	1	0	0		4
0	1	0	1		5
0	1	1	0		6
0	1	1	1		7
1	0	0	0		8
1	0	0	1		9
1	0	1	0	1	0
1	0	1	1	1	1
1	1	0	0	1	2
1	1	0	1	1	3
1	1	1	0	1	4
1	1	1	1	1	5

الرُّمُوزُ الكَهْرَبَائِيَّةُ وَالْإِلِكْتَرُونِيَّةُ

الرُّمُوزُ الْمُسْتَحْدَمَةُ عَادَةً لِيَبْعَثَ مَقُومَاتِ الدَّارَاتِ  
الْكَهْرِبَائِيَّةِ وَالْإِلِكْتَرُونِيَّةِ مُبَيَّنَةً أَدْنَاهُ. أَحْيَانًا تُسْتَعْمَلُ  
رُمُوزٌ بَدِيلَةٌ لِكَثِيرٍ مِنْ هَذِهِ الْمَقُومَاتِ، بِخَاصَّةٍ فِي  
الْكَتَبِ الْمَشْهُورَةِ فِي بُلْدَانٍ مُخْتَلِفَةٍ.

مقاوم	فولتميتر	أميتر
مواضع	مقاوم ضوئي الاعتماد	مقاوم متغير
جزء	دايود ضوء	مكثف (مواضع) متغير
صمجة	مكرو فون	مجهار
بطارية	محول	صهيرة
مفتاح (مفتاح)	قطبية موجبة	قطبية سالبة
خطوط المجال الكهربائي (سالب)	خطوط المجال الكهربائي (موجب)	هوائي
ترانسفورماتور	ترانسفورماتور	خطوط المجال المغناطيسي
بوابة «و»	بوابة «أو» (نارة «أو»)	عاكس الطور (بوابة لا)
سلكاني موصولان	سلكاني غير موصولين	دائرة كهربائية متكاملة







## معامل الانكسار

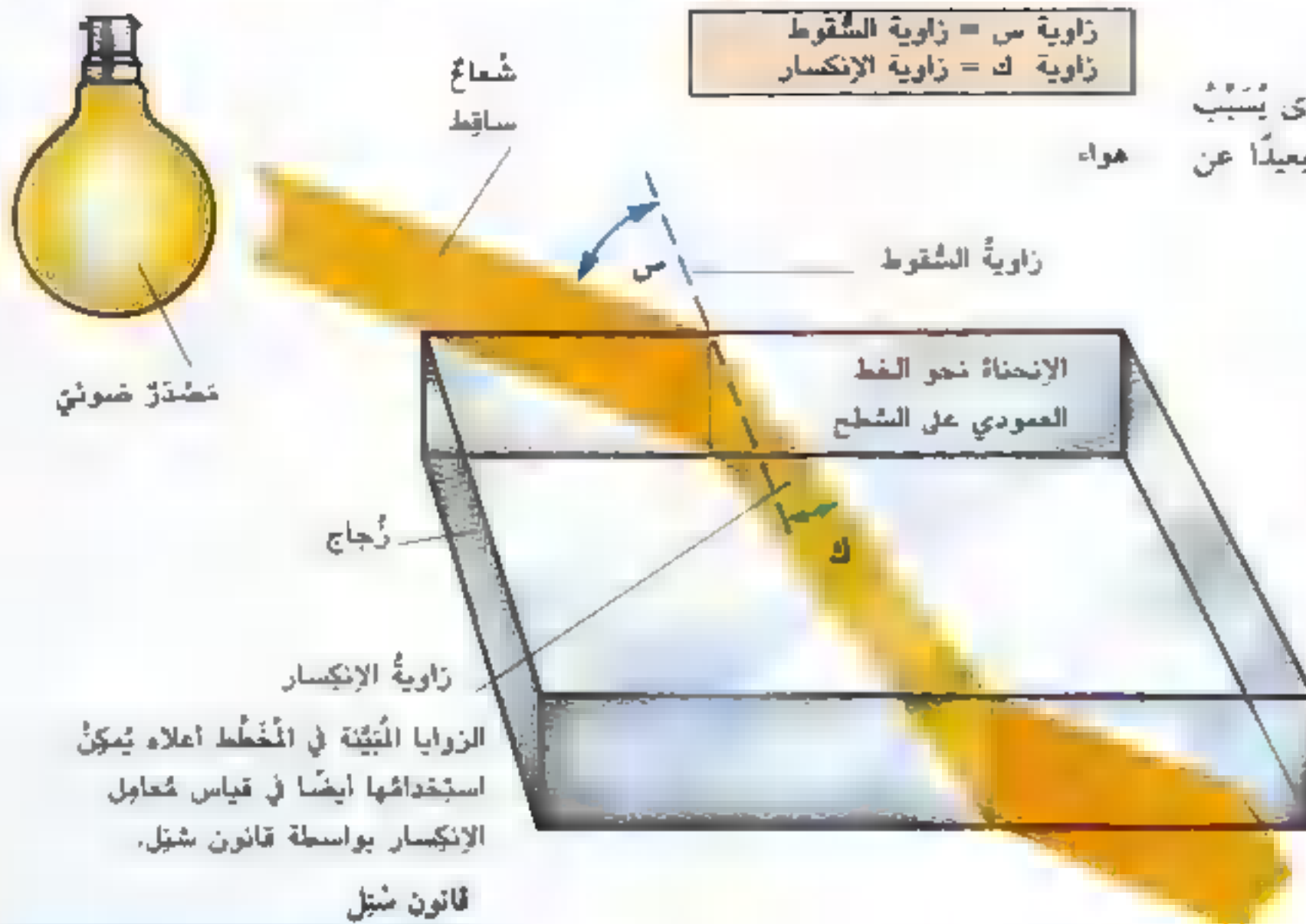
إن تغير سرعة الضوء عند انتقاله مائلاً من مادة شفافة إلى أخرى يسبب تغيراً في اتجاهه. وكلما ازداد هذا التغير يزداد انحناء الضوء بعيداً عن اتجاهه الأصلي.

معامل (أو دليل) الانكسار هو النسبة بين سرعة الضوء في الفراغ وسرعته في مادة شفافة أخرى.

معامل الانكسار	سرعة الضوء في الفراغ
لأي مادة شفافة	سرعة الضوء في تلك المادة

معامل انكسار الماء (١.٣٣) هو أقل من معامل انكسار الزجاج (١.٥). وهذا يعني أن الضوء ينحني أكثر، وبالتالي يكون انحناءه أكثر، عند مروره في الزجاج منه عند مروره في الماء.

المادة	معامل الانكسار	سرعة الضوء (م/ث)
الهواء	١.٠	٣٠٠٠٠٠٠٠
الماء	١.٣٣	٢٢٥٠٠٠٠٠
البرشيكس	١.٥	٢٠٠٠٠٠٠٠
الزجاج	١.٥	٢٠٠٠٠٠٠٠
الاماس	٢.٤	١٢٠٠٠٠٠٠



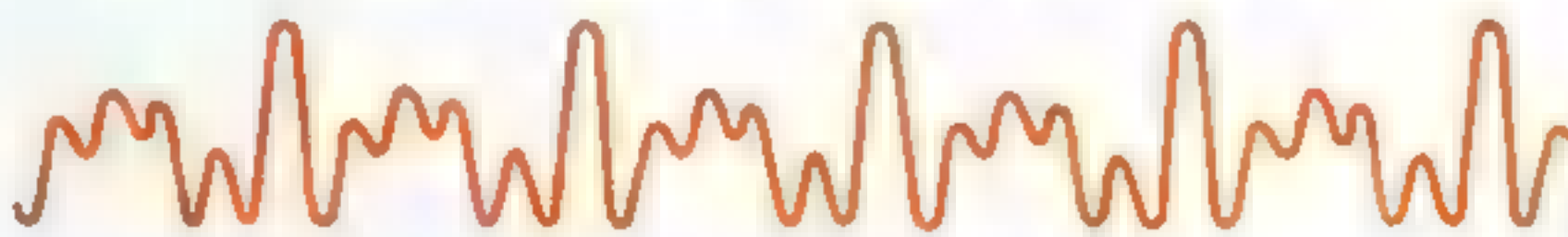
$$\text{معامل الانكسار} = \frac{\text{جا س}}{\text{جا ك}}$$

جا = جيب الزاوية

## مدى التردد لإلات موسيقية

تصدر كل الآلات صوتاً يجعل شيء يذبذب أو يهتز فيها. هذه الاهتزازات تسمى، في الهواء، الأمواج الصوتية التي تنتقل إلى أذاننا محدثة تغيرات سريعة في ضغط الهواء متساوية مع دذبذبة الآلة.

وتتباين أنماط التغيرات الضغطية لكل آلة تبعاً لنوعيتها وخصائصها الطبيعية. وتمثل هذه الأنماط بخطوط منحنية أو مرسومة (كالمبيئة أدناه) تدعى أشكالاً موجية.



### الشوكة الرنانة

الشوكة الرنانة تصدر نغمة نقية أحادية التردد؛ فيما تصدر الآلات الأخرى، غالباً، عدة ترددات في الوقت نفسه مؤلفة شكلاً موجياً معقداً.

### الفلوت

الصوت السلس النقي للفلوت ينبعث بالانعطافات السليسة التقوس في شكلها الموجي المنتظم.

### البرمار

الاصوات الغنية الصادرة عن الآلات ذات الالسة، كالبرمار، تضم ترددات عديدة أكثر بكثير من الاصوات الصافية الصادرة عن الفلوت.

### الكلارينيت

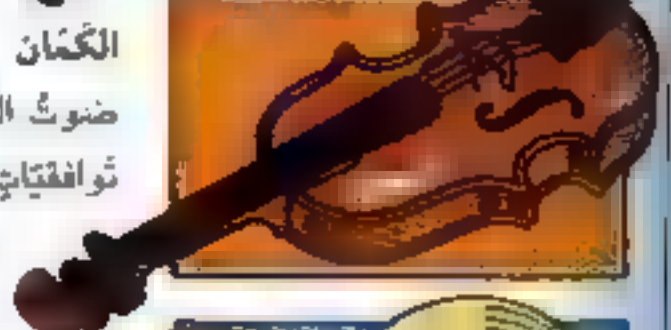
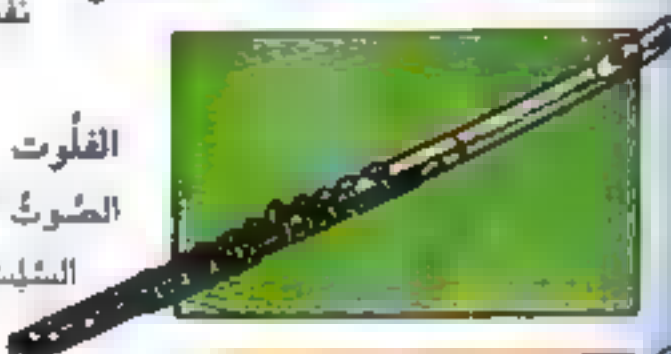
اللسان الأحادي في الكلارينيت يصدر نغماً خميماً سلساً.

### الكمان

صوت الكمان النقيع المشبع يضم عدة توافقيات عالية التردد مؤلفة شكلاً موجياً حاداً الشرسرة.

### الصنج

الصوت الصدمي للصنج يماثل نمطاً موجياً مرسوماً غير منتظم، يعلو ويهبط بشكل عشوائي تقريباً.





# الأرض

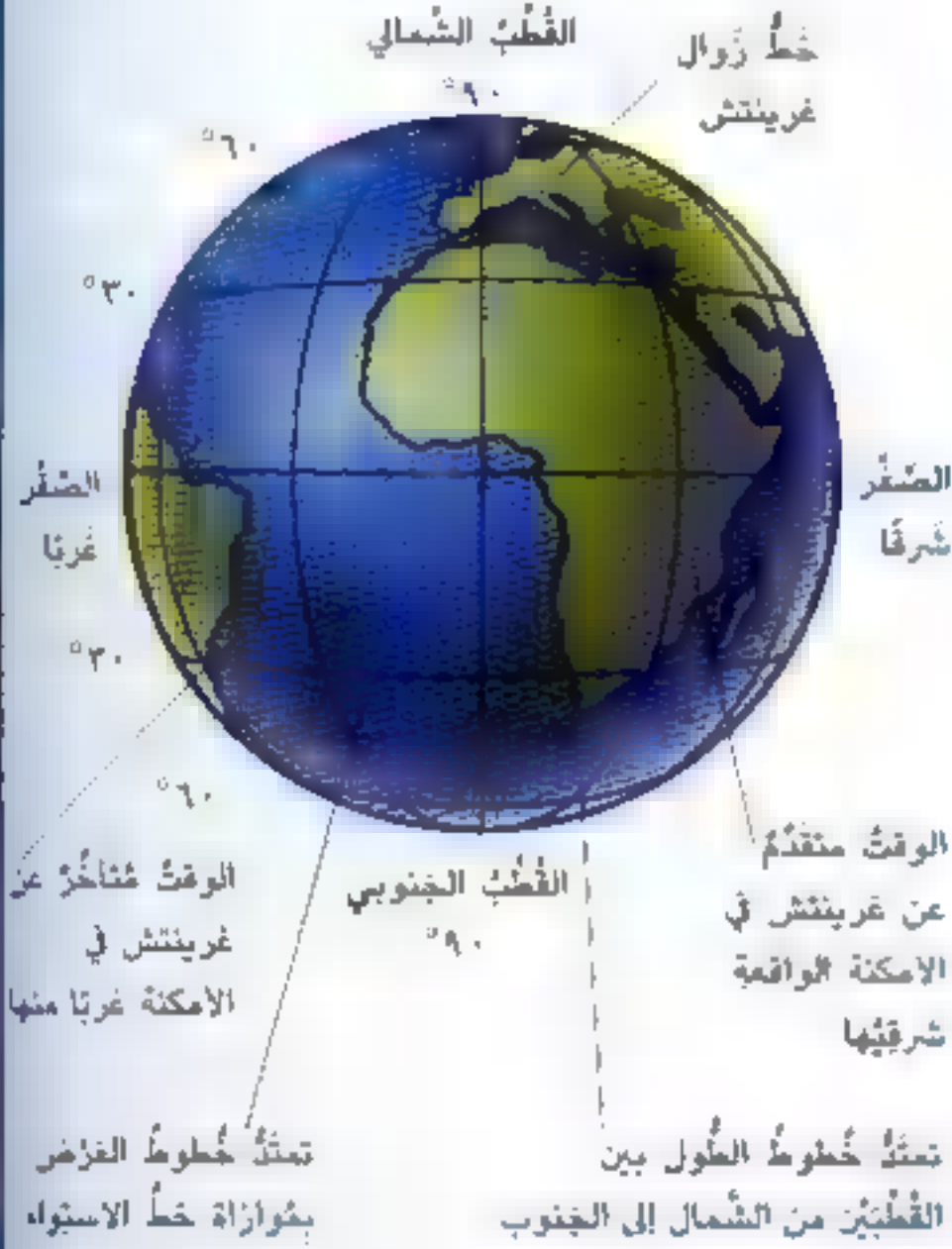
## جدول الأزمنة الجيولوجية

هذا الجدول يوجز تاريخ الأرض الذي يُختسب بدراسة الصخور التي تكوَّنت فيها طبقات الصخور الرسوبية المتنوعة.

عصر	حقبة	الزمن
الحقبة الحديثة	الحقبة الرابع	الهولوسين ٠.١
		البليستوسين ١.٦
	الحقبة الثالث	البليستوسين ٥.٣
		الميوسين ٢٣
		الأوليغوسين ٢٤
		الإيوسين ٥٣
الحقبة القديمة	الطبقات الجوراي	الباليوسين ٦٥
		١٣٥
	الطبقات الثلاثي	٢٠٥
		٢٥٠
	الطبقات البرمي	٢٠٠
		٢٥٥
الحقبة العتيقة	الطبقات الديفوني	٤١٠
		٤٦٠

## خطوط الطول والعرض

يقع خط الاستواء على خط العرض صفر. ويمر خط الطول الصفري بمدينة غرينتش قرب لندن، بإنجلترا. وتختسب مواقع الأمكنة بدرجات العرض والطول وتقسّم كل درجة إلى ٦٠ دقيقة.

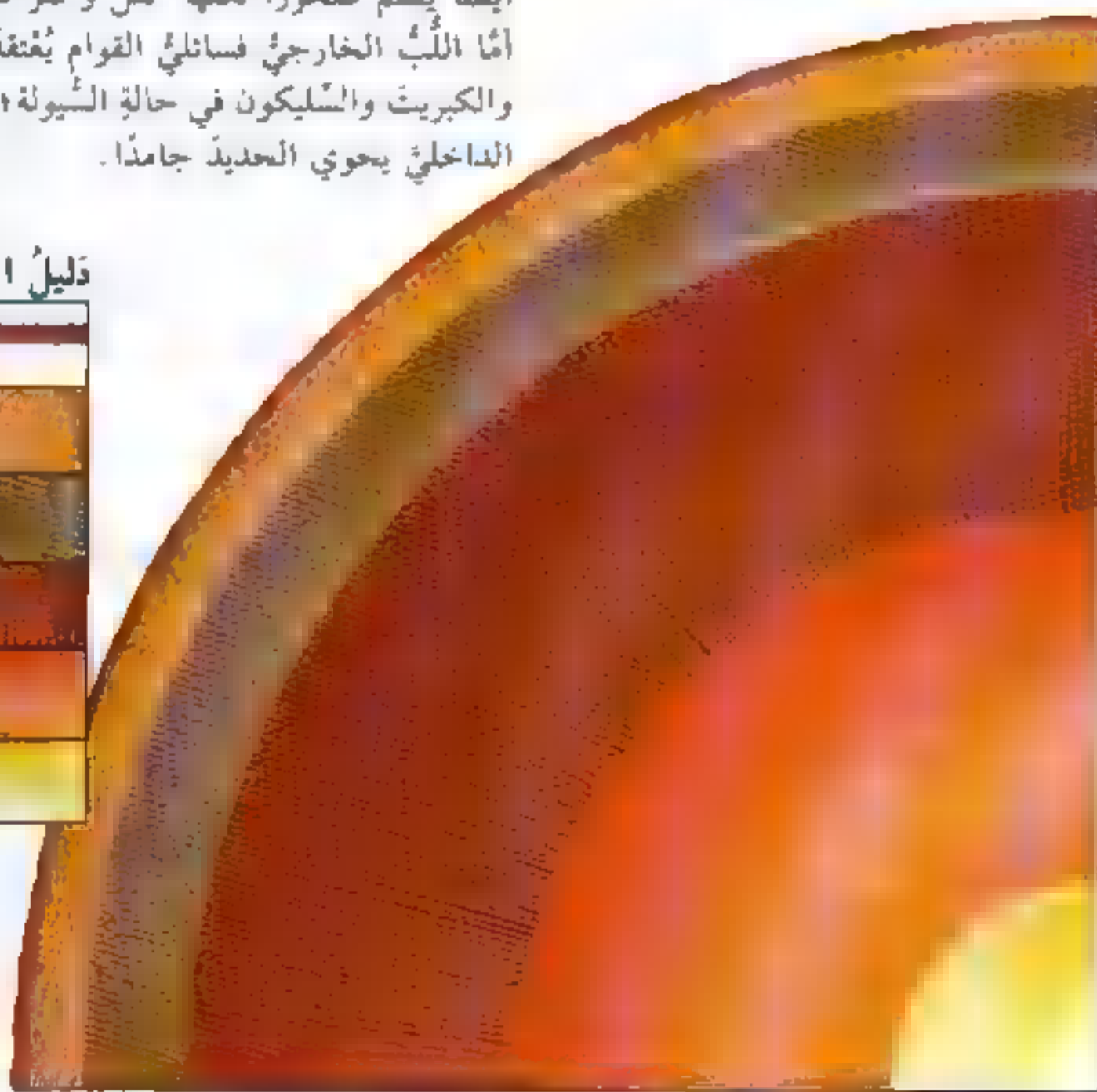


## بنية الأرض

تشمل بنية الأرض أربع طبقات. الطبقة الخارجية، أو القشرة، تتألف من أنماط صخرية مختلفة كالبازلت والغرانيت. والدثار أيضا يضم صخورا لكنها أثقل وأكثر قمامة من صخور القشرة. أما اللب الخارجي فسانلي القوام يُعتقد أنه يحوي الحديد والكبريت والسليكون في حالة السيولة؛ في حين يُرجح أن اللب الداخلي يحوي الحديد جامدا.

## دليل الألوان

القشرة	
الدثار العلوي	
منطقة تحول	
الدثار	
اللب الخارجي	
اللب	



العمق (كم)	الضغط (ك بار)	الكثافة (كغ / م <sup>٣</sup> )	درجة الحرارة (س)
٠	١	٢٨٠٠	١٧٥٠
١٠	٣٢٥	٢٥٠٠	٢٠٠٠
٢٩	١٤٦٠	١٠٠٠	٣٠٠٠
٥١	٣٣٥٠	١٣٩٠٠	٣٦٠٠
٦٣٠٠	٣٧٥٠	١٢١٠٠	٤٠٠٠



## مقياس «مُوَهَز» لِلصَّلَادَةِ

ابتكر عالم المعادن الألماني، فريدريخ موهز، جدولاً معيارياً لقياس الصلادة بالمقارنة مع صلادة عشرة معادن مختارة. تزداد صلادة المعادن بازدياد رقم صلابته - أي إن كل معدين يُخدش المعادن ذات الأرقام الأقل من رقم صلابته.

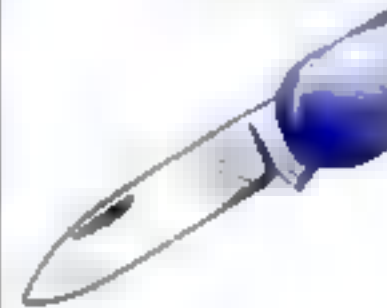
	١ المَلَق		٢ الجبَس		٣ الكلسيت		٤ الفلوريت		٥ الأباتيت
	٦ الأرثوكلاز		٧ الكوارتز		٨ التُوپاز		٩ الكورندم		١٠ الأمانت



- صلادة الطُّقُر  
حوالي ٢.٥



- صلادة قطعة  
نقود نحاسية ٥.٥



- صلادة المطواة  
٥.٥ (فستنيغ)  
خدش الأباتيت وليس  
الأرثوكلاز.

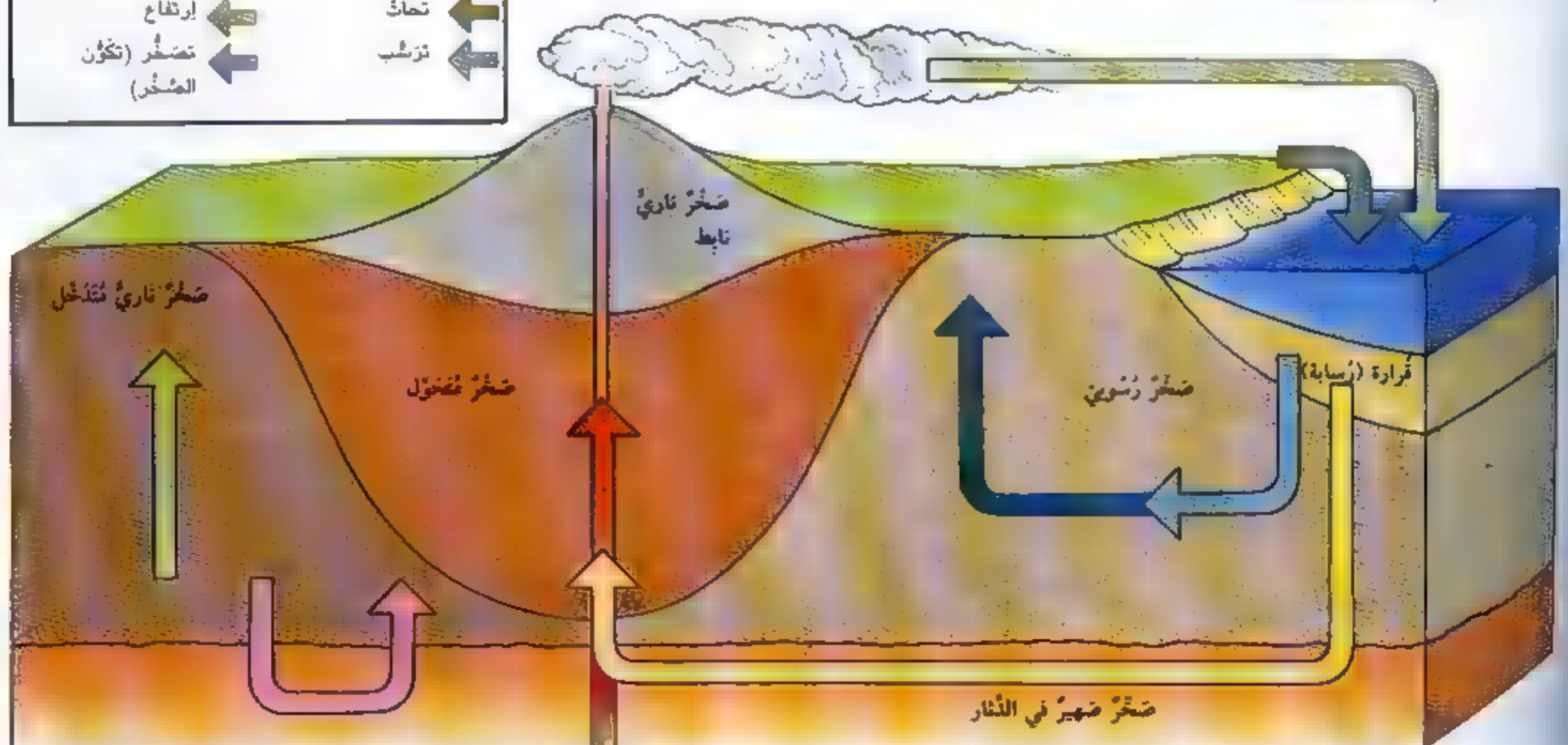
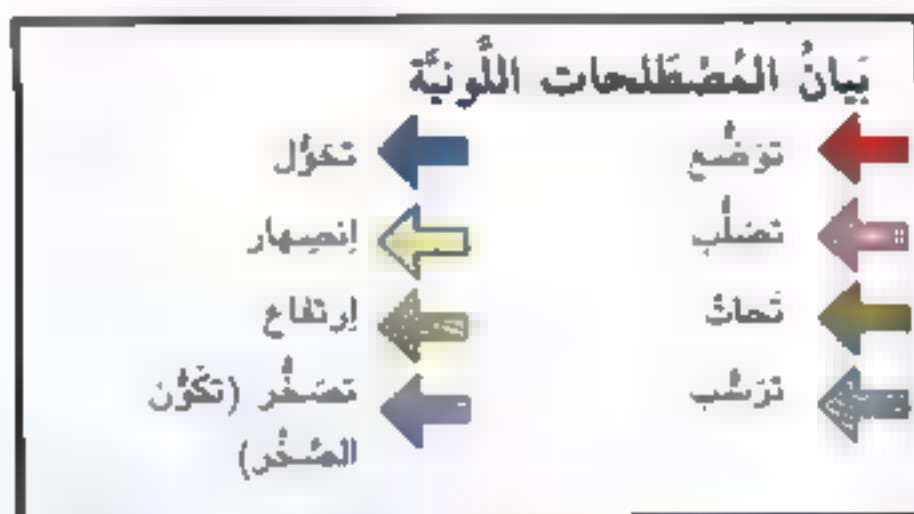
## الصُّخُورُ الشَّائِعَةُ

الصُّخُورُ التي تُولَّفُ الأرضُ إمَّا ناريَّة (بُرْكَانيَّة) أو رُسُوبِيَّة أو مُتَحَوِّلَةٌ. تتشكَّلُ الصُّخُورُ الناريَّة من تَصَلُّبِ الصُّهارة (الصُّخْرُ المُنْصَهَر). وتتشكَّلُ الصُّخُورُ الرُسُوبِيَّة من كَسارة الصُّخْرِ والرَّمْلِ واليَزِينِ المُلتَحِمَةِ بِضَغْطِ الطَّبَقَاتِ فوقها. وتتكوَّنُ الصُّخُورُ المُتَحَوِّلَةُ بِتَغْيِيرِ المُحتَوَى المَعْدِنِيِّ لِلصُّخْرِ بِتأثيرِ الحرارة والضغط. وفي ما يلي عَشْرَةُ أمثلة شائعة من كُلِّ نوع:

ناري	رُسُوبِي	مُتَحَوِّل
غرانيت	حَجَرٌ جيري	أردواز
اسواني	دولوميت	فيلثيت
چانبرو	حَجَرٌ رَمْلِي	شست
دولزيت	كُونْجُومِرَات (زصيص)	نايس
بازلت	بُزْشِيَا (بريشة)	هورنبلُس (صخور قَرْنِيَّة)
انديزيت	رُسَابَةُ البَحْرِ (إفاليوريت)	رُخَام
سنجي (ألبسدي)	حَجَرٌ غَزَنِي	كوارتزيت (مرويت)
ديوريت	حَجَرٌ طِينِي	ميهلميت
صخر بُورغيري (شستاق)	طُفْل (طين صَفْحِي مُتَحَجِّر)	امفيبوليت (الحاثرات)
زئوليت	صُلْصَال	تاكتيت

## دورة الصُّخُور

تتألَّف قشرة الأرض من صُّخُورٍ مُعادِ تَدويرُها. ويَتِمُّ ذلك بِفَعْلِ عَوَامِلٍ خَارِجِيَّةٍ كَالْحَرَارَةِ وَالضَّغْطِ وَالتَّجْوِيَةِ. فَهَذِهِ الْعَوَامِلُ تُفَكِّكُ الصُّخُورَ الرُسُوبِيَّةَ وَالنَّارِيَّةَ وَالْمُتَحَوِّلَةَ وَتُعِيدُ إِنشاءَها بِاسْتِمْرَارٍ فِي عَمَلِيَّةٍ تُعْرَفُ بِدَوْرَةِ الصُّخُورِ.





# الطقس

## مُنظمة الأرصاد العالمية

تتألف مُنظمة الأرصاد العالمية من شبكة تضم قرابة ١٠,٠٠٠ محطة أرصاد جوية دائمة في سائر أنحاء العالم. وتتوالى التقارير من هذه المحطات تلفونيا كل ثلاث ساعات (تُدعى ساعات الرصد الآتي) إلى ثلاثة عشر مركزاً رئيسياً لرصد الطقس تظهر على خريطة العالم المبيّنة جانباً. وتقوم هذه المراكز بتحويل المعلومات التي تصلها عن الطقس باستمرار إلى جميع بلدان العالم لتتخذ نشراتها وتنبؤاتها الجوية.

## أحوال جوية قصوى

يُبين الجدول التالي الأحوال الجوية القصوى المسجلة حول العالم. الظروف القصوى هي في بعض الأماكن جزء من النمط المعتاد في تلك الأصقاع. وفي أماكن أخرى تفتقر ظروف، كالتفيضات أو الجفاف، النمط المعتاد.

### تساقط الثلج الأعظم

(في ١٢ شهراً) ٢١١٠٢ ملم، من ١٩٧١/٢/١٩ إلى ١٩٧٢/٢/١٨ وذلك في بنديس، جبل رينير في ولاية واشنطن، بالولايات المتحدة.

### تهطلان المطر الأعظم

(في ٢٤ ساعة) ١٨٧٠ ملم، من ٢/١٥ إلى ١٩٥٢/٣/١٦، في سيلوس، رينتون، بالمحيط الهندي.

### فترة الجفاف القصوى

(معدل المطر السنوي) صفر في صحراء أتكافا، قرب كالاماء، بالشيلي. استمر الجفاف ٢٠٠ سنة حتى عام ١٩٧٢.

### أعلى سرعة رياح سطحية

٣٧١ كم/سا، على جبل واشنطن (ارتفاعها ١٩١٦م) في نيوهامبشير، بالولايات المتحدة بتاريخ ١٢/٤/١٩٣٤.

### شعشع الشمس الأقصى

٩٧٪ (لاكثر من ٤٣٠٠ ساعة) في الصحراء الشرقية.

### شعشع الشمس الأدنى

صفر، في القطب الشمالي، حيث يستمر لغط الشتاء ١٨٢ يوماً.

### أعلى درجة حرارة في الظل

٥٨°س، في الفيزية (ارتفاعها ١١١م)، ليبيا في ١٣/٩/١٩٢٢.

### المكان الأشد حرارة

(المعدل السنوي) ٣٤.٤°س في دلول، الخبشة.

### المكان الأكثر برودة

(المعدل المقيس الأبرد) - ٨٩°س في محطة بلاثو، في القارة القطبية الجنوبية.

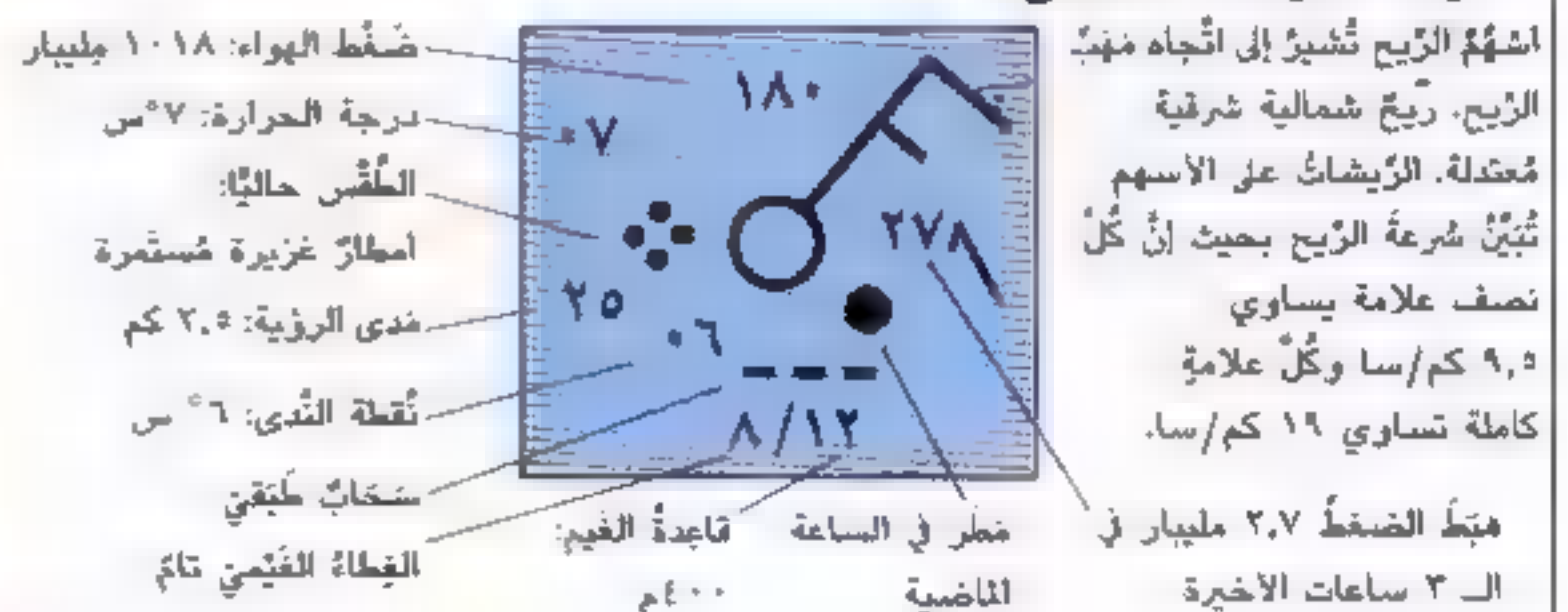
### الأيام الممطرة الأكثر

(في السنة) حتى ٣٥٠ يوماً في السنة، في جبل واي إيلاي (ارتفاعه ١٥٦٩م) في كلوناي، هاواي.

### المكان الأعصف رياحاً

تبلغ سرعة العواصف ٣٢٠ كم/سا، في خليج الكونغولت، ساجل جورج الخامس، القارة القطبية الجنوبية.

## قراءة خرائط الطقس



## رموز خرائط الطقس

يستخدم الأرصاديون قائمة من الرموز لإيصال الطقس وسرعة الرياح. والرموز المبيّنة أدناه مُعتمدة عالمياً. فتمتد رُسمت على خرائط الطقس فإنها توفر معلومات أساسية تُستخدم في إعداد نشرات وتنبؤات الأحوال الجوية. ويستخدم مديرو نشرات الأحوال الجوية التلفزيونية نسخاً مبسطة من هذه الرموز.

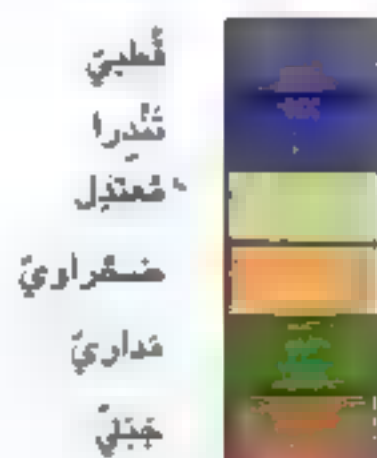
شائيرة (ضباب خفيف)	ضباب	رذاذ
مطر	مطر ورذاذ	مطر وثلج
ثلج	وابل مطر	مطر ووابل ثلج
وابل ثلج	وابل بَرَد	عاصفة رعدية
جبهة باردة	جبهة دافئة	جبهة مزنجة
رياح من الخفيفة إلى العاصفة		
هادئ		



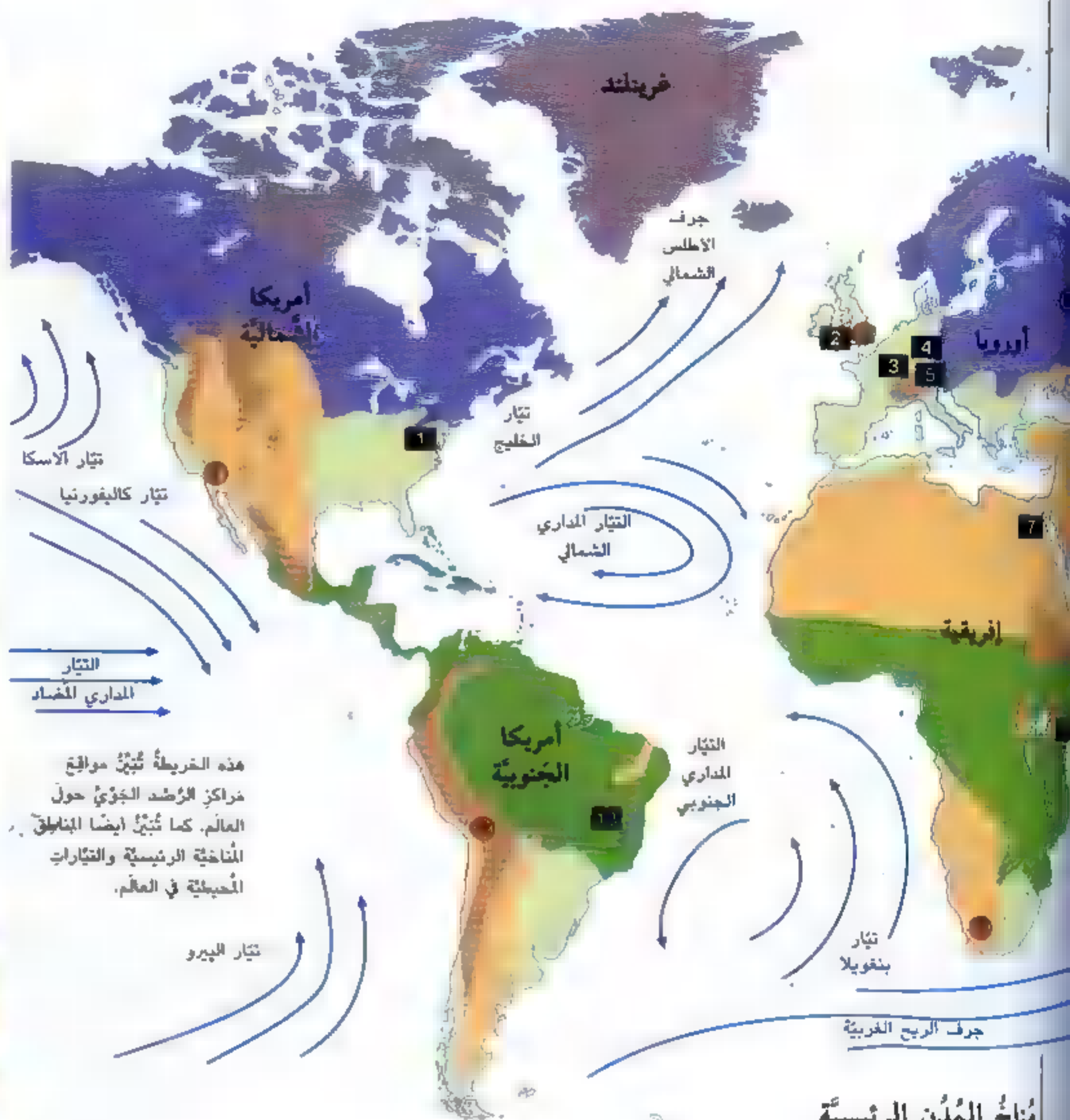
## مَرَاكِزُ رَصدِ الطَّقْسِ

مَوَاقِعُ الثَّلَاثَةِ عَشَرَ مَرَكِزًا لِرَصدِ  
الطَّقْسِ مُبَيَّنَةٌ عَلَى خَرِيطَةِ الْعَالَمِ  
وَهَذِهِ الْمَوَاقِعُ هِيَ:

- واشنطن العاصمة، الولايات المتحدة
- براكنيل، المملكة المتحدة
- باريس، فرنسا
- أوفنباخ، ألمانيا
- براج، تشيكوسلوفاكيا
- موسكو، روسيا
- القاهرة، مصر
- نيودلهي، الهند
- بيجين، الصين
- طوكيو، اليابان
- ملبورن، أستراليا
- نيروبي، كينيا
- برازيليا، البرازيل



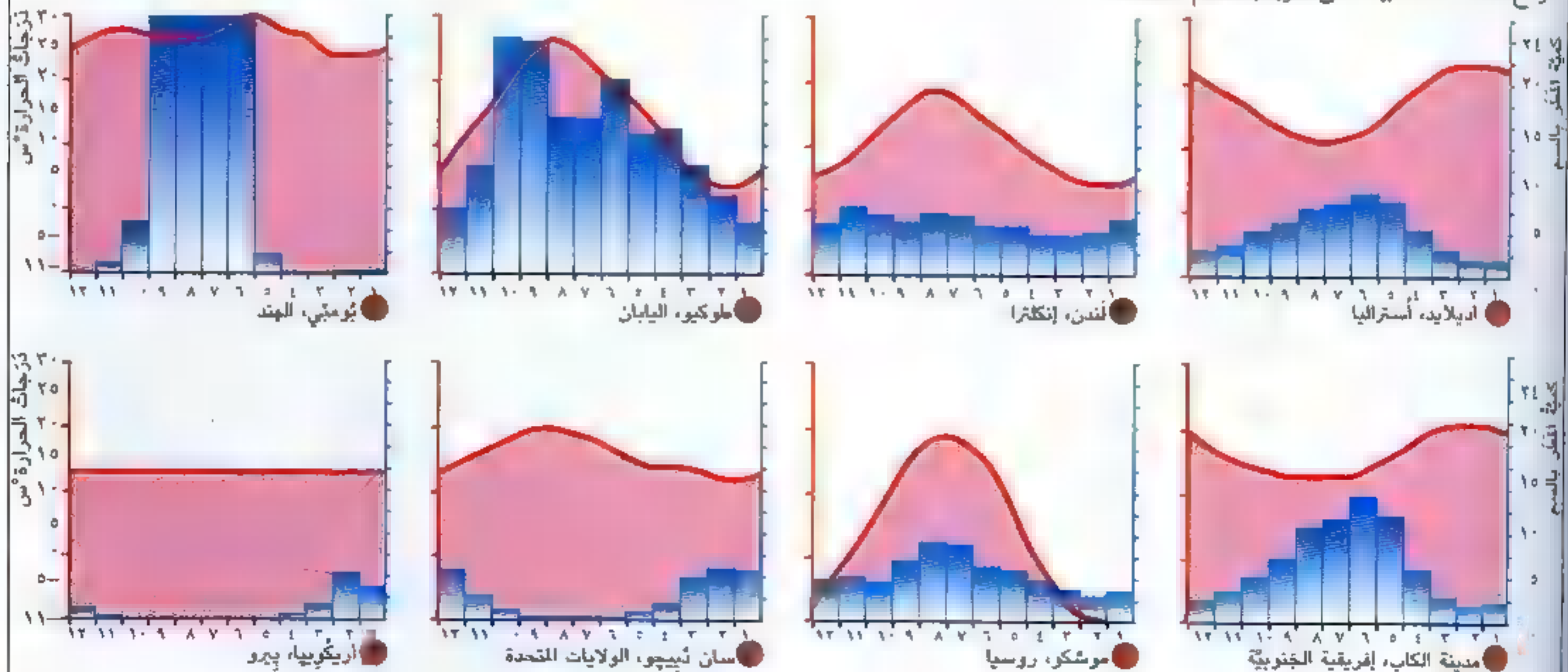
تيارات محيطية



هذه الخريطة تُبَيِّنُ مَوَاقِعَ  
مَرَاكِزِ الرُّصدِ الجَوِّيِّ حَوْلَ  
الْعَالَمِ. كَمَا تُبَيِّنُ أَيْضًا الْمَنَاطِقَ  
الْمُنَاطِقَةَ الرَّئِيسِيَّةَ وَالتَّيَّارَاتِ  
الْمُحِيطِيَّةَ فِي الْعَالَمِ.

## مَنَاحُ الْمُدُنِ الرَّئِيسِيَّةِ

الرُّسُومُ الْبَيَّانَةُ أَدْنَاهُ تُبَيِّنُ الْمَعْدَلَاتِ الْإِحْصَائِيَّةَ لِدَرَجَاتِ الْحَرَارَةِ وَكَمِّيَّاتِ الْمَطَرِ لِمُدُنٍ مُخْتَلِفَةٍ حَوْلَ الْعَالَمِ  
(مَوَاقِعُ هَذِهِ الْمُدُنِ مُبَيَّنَةٌ عَلَى خَرِيطَةِ الْعَالَمِ أَعْلَاهُ).





## الفضاء

### المع النجوم

يُقاس لمعان النجم بالقدر المُحدّد له . وكلّما انخفض القدر كان النجم ألمع ، بحيث إنّ لمعان نجم من قدر مُعيّن يزيد مرّتين ونصفاً على لمعان نجم من القدر الذي يليه كما يبدو من الأرض . أمّا القدر المُطلَق فهو كمية الضوء التي يَبْثُغها النجم فعلياً .

الاسم	القدر الظاهري	القدر المطلق	البعد عن الشمس (بالسنين الضوئية)
المُشَرى اليمانيّة	١.٤٦ -	١.٤ +	٨.٦٥
شهبيل	٠.٧٣ -	٤.٦ -	١٢.٠٠
خضار	٠.١ -	٤.١ +	٤.٣٨
السماك الزامح	٠.٠٦ -	٠.٣ -	٢٦
النُشْر الواقع	٠.٠٤ +	٠.٥ +	٢٦
العُيُوق	٠.٠٨ +	٠.٥ -	٤٢
رجل الجبار	٠.١٠ +	٧.٠ -	٩.٠٠
المُشَرى الشماليّة	٠.٣٥ +	٢.٦ +	١١.٤
مُكَبِّ (أو إبط) الجوزاء	٠.٤٩ +	٥.٧ - (مُتَدِير)	٢١.٠
أجر النهر	٠.٥١ +	٢.٥ -	١١.٧
الوُزْن	٠.٦٣ +	٤.٦ -	٤٩.٠
المُشَر الطائر (الطير)	٠.٧٧ +	٢.٣ +	١٦
الدبران (عبر الثور)	٠.٨٥ +	٠.٧ -	٦٩
نُجْم مُعِيم (الصليب الجنوبي)	٠.٩٠ +	٣.٧ -	٢٧.٠
قلب العقرب	٠.٩٢ +	٤.٥ -	٤٢.٠
السماك الاعزل (السنبلة)	٠.٩٦ +	٣.٦ -	٢٦.٠
رأس الثور المُوَحُو	١.١٥ +	١.٠ +	٢٥
فم الحوت	١.١٦ +	١.٩ +	٢٣
نُجْم الاسد (النسب)	١.٢٥ +	٧.١ -	١٨.٠٠
نُجْم مُعِيم الثاني	١.٢٥ +	٥.١ -	٤٨.٩
قلب الاسد	١.٣٥ +	٠.٧ -	٨٥
الغذاري	١.٥٠ +	٤.٤ -	٦٨.١

### الشمس

الشمس أَسَطْعُ النجوم في سَمائنا بلا مُنازع بسبب قربها من الأرض . وحيث إنّ ضوء الشمس يَسْتَفِرُق ٨.٣ دقائق ليَصِلَ إلينا ، فإنّ الشمس التي نراها هي الشمس قبل ٨.٣ دقائق .

كثافة الشمس

درجة حرارتها السطحية

درجة حرارة لبها

قطرها



### أعظم الرّجُم

الاسم	البلد	الوزن التقريبي بالطن
هوتا وشت	جنوب غرب إفريقيا	٦٠
خيمة الأثينيين	جرينلند	٣٠.٤
باكوبريتو	المكسيك	٢٧
ألفوس	نارانيا	٢٦
أجبالك	غرب جرينلند	٢٠.١
أرضتي	جمهورية فنلندا الشعبية	٢٠
تشوبادروس	المكسيك	١٤
ويلانيت	الولايات المتحدة	١٤
كامبو دل سيبيلو	الأرجنتين	١٣
مُندرابال	أستراليا	١٢

### الكواكب السّيّارة

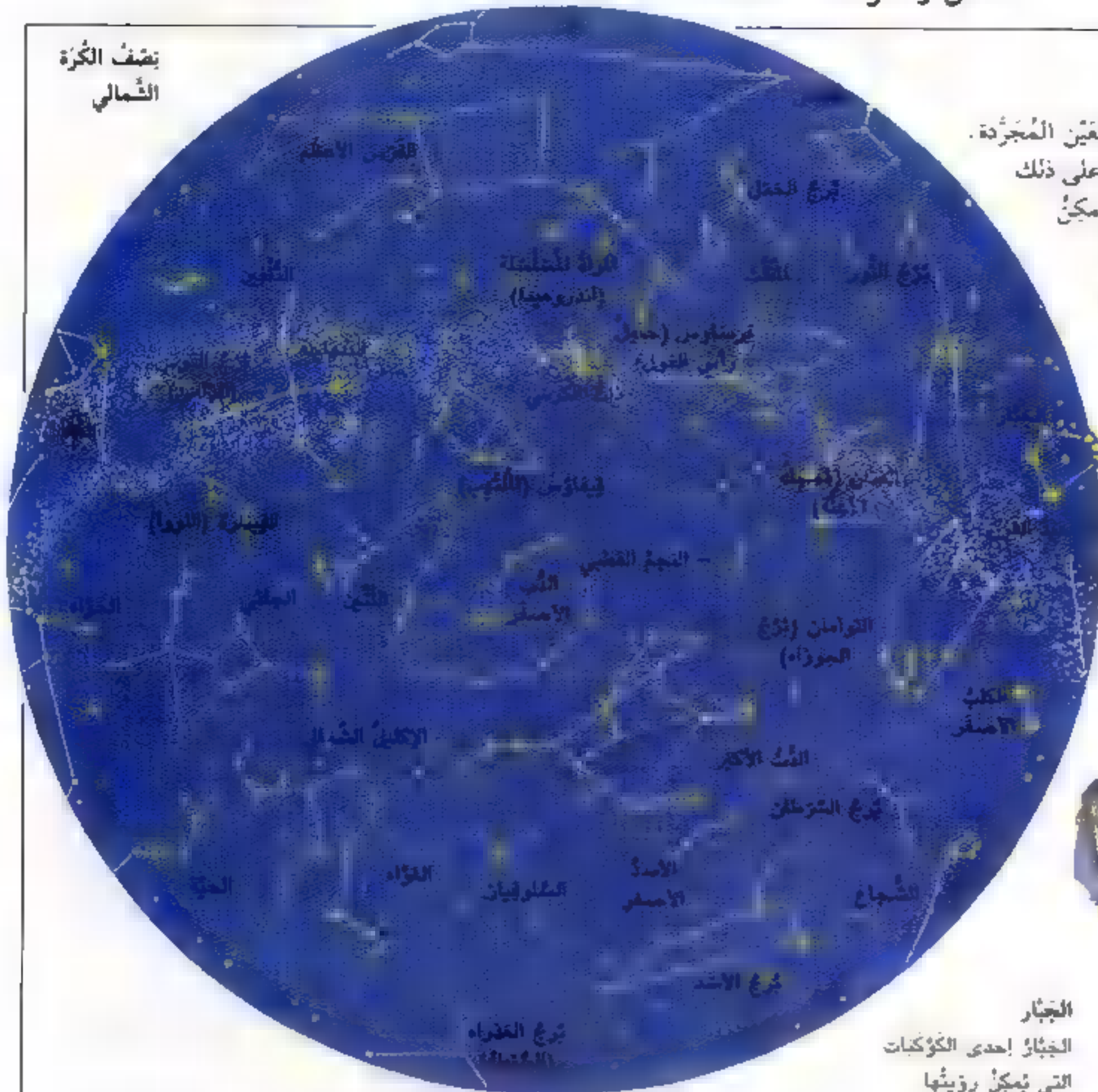
وأورانوس ونبتون . أمّا بلوتو فهو الكوكب التاسع الشّاذّ ، إذ إنّهُ أصغر الكواكب السّيّارة ويتألف من صخرٍ وجليد .

هنالك تسعُ سيارت في النظام الشمسي تقع في مجموعتين تقريباً . المجموعة الأقرب إلى الشمس هي الكواكب الصخرية الأربعة - عطارد والزهرة والأرض والمريخ . وتضمّ المجموعة الأبعد العمليقة الغازية وهي المُشتري وزُحلّ .

الكوكب	عطارد	الزهرة	الأرض	المريخ	المشتري	زُحل	أورانوس	نبتون	بلوتو
البعد عن الشمس بملايين الكيلومترات	٥٧.٩	١٠٨.٢	١٤٩.٦	٢٢٧.٩	٧٧٨.٣	١٤٢٧	٢٨٧.٠	٤٤٩.٧	٥٩١.٢
القطر الاسميائي (بالكيلومتر)	٤٨٧٩	١٢١٠.٤	١٢٧٥٦	٦٧٨٦	١٤٢٩٨٤	١٢٠٥٣٦	٥١١١٨	٤٩٥٢٨	٢٣٨٤
الكثافة (الأرض = ١)	٠.٠٥٦	٠.٨٢	١	٠.١٠٧	٢.١٨	٩٥	١.٤٥	١.٧	٠.٠٠٢
التخمم (الأرض = ١)	٠.٠٥٦	٠.٨٦	١	٠.١٥	١٣١٩	٧٤٤	٦٧	٥٧	٠.٠١
درجة حرارة السطح (°س)	١٨٠ - إلى ٤٣٠ +	٤٨٠ +	٧٠ - إلى ٥٥ +	١٢٠ - إلى ٢٥ +	١٥٠ -	١٨٠ -	٢١٤ -	٢٢٠ -	٢٣٠ -
جاذبية السطح (الأرض = ١)	٠.٢٨	٠.٩	١	٠.٣٨	٢.٦٤	٠.٩٢٥	٠.٧٩	١.١٢	٠.٠٥
زمن الدوران حول الشمس (سنة الكوكب)	٨٧.٩٧ يوماً	٢٢٤.٧ يوماً	٣٦٥.٢٦ يوماً	٦٨٦.٩٨ يوماً	١١.٨٦ سنة	٢٩.٤٦ سنة	٨٤.٠١ سنة	١٦٤.٨ سنة	٢٤٨.٥ سنة
زمن التدوير الكاملة (يوم الكوكب) ٣٦٠ (يوم الكوكب)	٥٨.٦٥ يوماً	٢٤٢.٠١ يوماً	٢٣.٩٣٧ يوماً	٢٤.٦٢٣ يوماً	٩.٩٥٥ سنة	١٠.٣٩٦ سنة	١٧.٤٦٤ سنة	١٦.١١٦ سنة	٦.٩١٦ أيام
السرعة المدارية (كم/ث)	٤٧.٩	٣٥	٢٩.٨	٢٤.١	١٣.١	٩.٦	٦.٨	٥.٤	٤.٧
عدد الأقمار	-	-	١	٢	١٦	١٨	١٥	٨	١

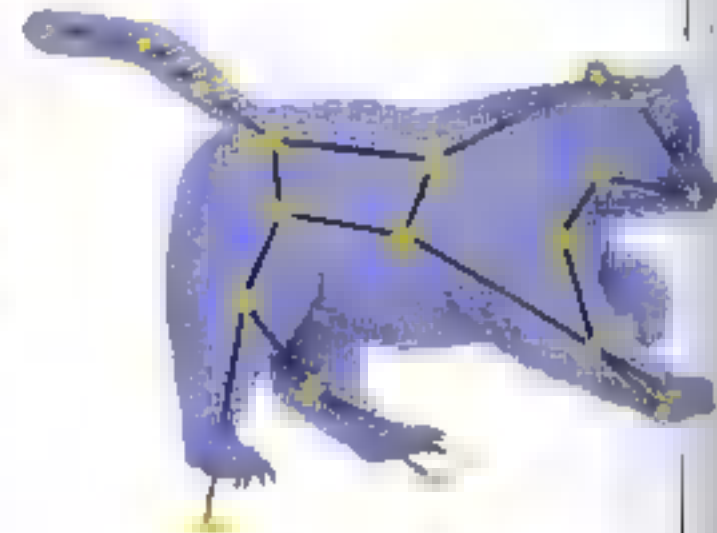


تَصِفُ الثُّرَى  
الْجَمَالِي



## الكَوَکِبَات

سماء الأرض مُرَصَّعة بحوالى ٦٠٠٠ نجم يُمكن رؤيتها بالعين المُجرَّدة. والنجوم التي تراها تعتمدُ على موقعك على سطح الأرض وعلى ذلك الوقت من السنة. وتُبين الخريطتان المُرفقتان النجوم التي يُمكن رؤيتها من نصفَي الكرة الشمالي والجنوبي. ونتيجةً لتدوير الأرض تبدو النجوم كأنها تتحركُ عبرَ السماء، لذا ينبغي تدويرُ هذه الخرائط أيضًا. فالنجوم الواقعة في وسط الخريطتين، تظلُّ تُرى على مدار السنة، أمَّا تلك الواقعة على الحواف فتُرى فقط في أوقات مُعيَّنة من السنة.



الثب الأكبر  
تقول أسطورة  
يونانية إنها امرأة  
جميلة حوّلها إلهة  
غور إلى ثب.

المقرن الأعظم

تُخَذُ هذه الكوكبة شكل حصان  
مُجَلِّج. وفي الأساطير اليونانية، أنها  
حصان قَفَزَ من دماء هولة تُدعى  
ميدوزا، بعد أن قَتَلها بيرساوس.



## الكلب الأكبر

هذه الكوكبة تمثل أحد الكهنة  
المطبقين فكوكهما على غنبي  
الجبار. والشعرى اليمانية، المي  
نجم في السماء، هي إحدى  
النجوم التي تولد هذه  
الكوكبة.



قطر ورس

تُبَيِّنُ الْكَوْكَبُ الكائن  
الأسطوري قَمُظُور الذي  
يُصَفُّهُ الأعلى إنساناً  
والأسفل جِصَان.  
وهي تَصُمُّ الظَّالِمَانِ  
القريب، اقربَ نجم إلى  
الأرض (عدا الشمس).

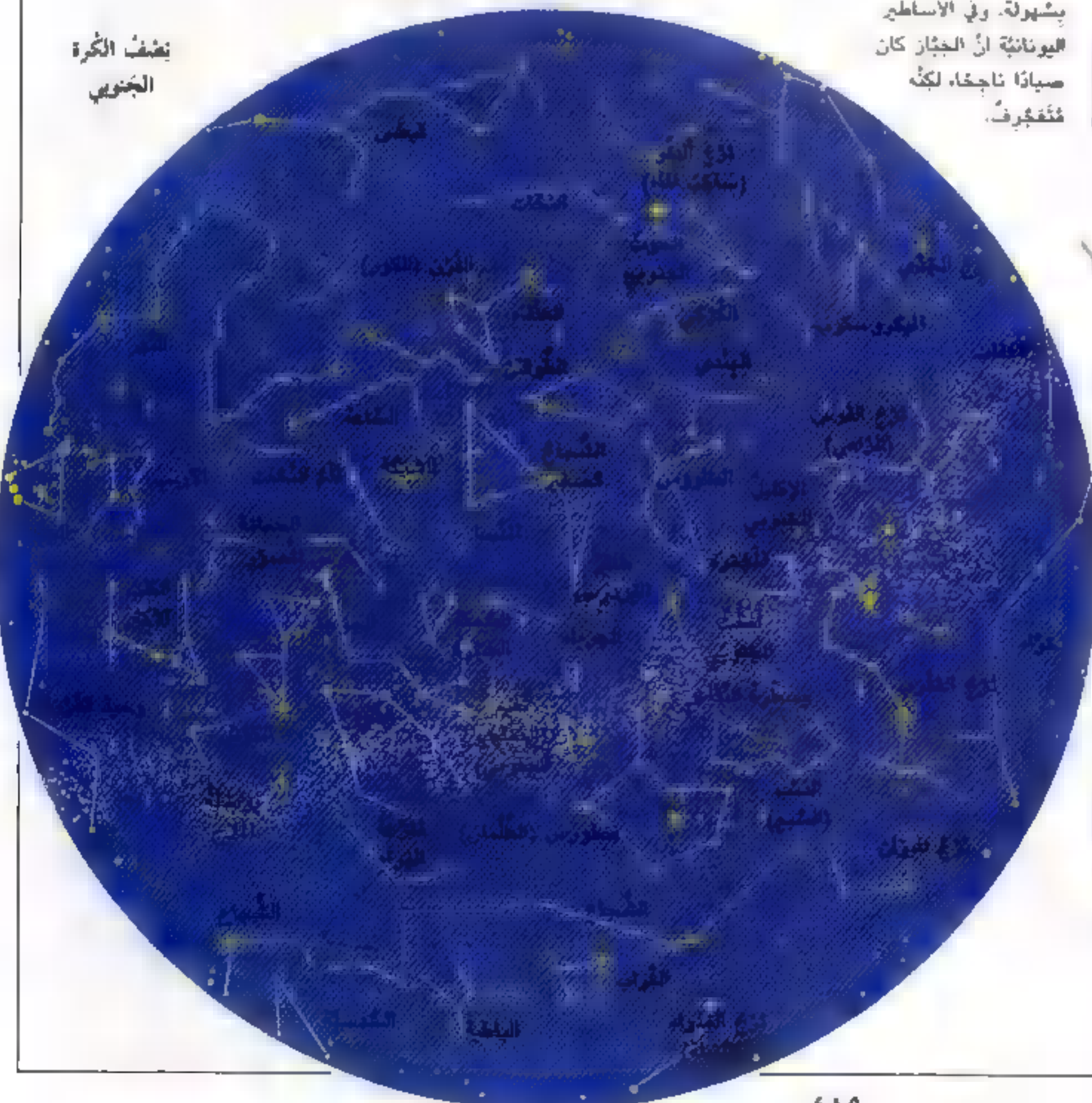


يُرْجُ الْمُتَغَرِّبُ

في الاساطير اليونانية ان العقرب  
أرسل ليقتل الجبار. والكوكبتان  
تفعاي الآن في طرفين متقابلين  
من السماء. فعندما يعقب الجبار  
نطأ العقرب.



يُغَطَّى الشَّجَرَةُ  
الْجَنُوبِيَّةُ









## الحيوانات

عالم الحيوان يحوي متعضيات تتغذى بالنباتات، أو الحيوانات الأخرى، أو ببقاياهما. معظم الحيوانات يستطيع التنقل من مكان إلى آخر، لكن بعضها يقضي حياته الباقية في مكان واحد. هناك ما بين ١٠ إلى ٢٠ مليون نوع من الحيوانات.

هذه الفئة العائمة تشمل جميع الحيوانات التي ليس لها عمود فقري، وتتضمن أكثر من تسعة أعشار جميع أنواع الحيوان. الكثير من اللافقاريات رغو الجسم ويعتبر في الماء أو في المواطن البيئية الرطبة. وتنفرد شعبة المفصليات بأنها حققت نجاحاً متميزاً في الماء وعلى البر.

اللافقاريات هذه الفئة العائمة تشمل جميع الحيوانات التي ليس لها عمود فقري، وتتضمن أكثر من تسعة أعشار جميع أنواع الحيوان. الكثير من اللافقاريات رغو الجسم ويعتبر في الماء أو في المواطن البيئية الرطبة. وتنفرد شعبة المفصليات بأنها حققت نجاحاً متميزاً في الماء وعلى البر.

هذه الفئة العائمة تشمل جميع الحيوانات التي ليس لها عمود فقري، وتتضمن أكثر من تسعة أعشار جميع أنواع الحيوان. الكثير من اللافقاريات رغو الجسم ويعتبر في الماء أو في المواطن البيئية الرطبة. وتنفرد شعبة المفصليات بأنها حققت نجاحاً متميزاً في الماء وعلى البر.

<p><b>اللافقاريات (اللاسعات)</b> التيديا ٩٥٠٠ بحرية غالباً</p> <p>البرمائيات قناديل البحر الشقائق البحرية الغذارات (الهيدرا)</p> 	<p><b>المسطحات</b> الديدان المسطحة ٩٥٠٠٠ المسطحات العذبة العيش الديدان الشبكية الشريطيات</p> 	<p><b>الرغويات</b> الرغويات ٩٥٠٠٠ سائلة ورسبة</p> <p>الغشويات البراقع والقوقع البطنوس والمعار المروحي الصدفيات النسنة الأحطوطات والحيات والسديدات</p> 	<p><b>الحلقيات</b> الديدان الحلقية ٩٥٠٠٠ سائلة ورسبة</p> <p>الخراطيم والقوقع الحمرات العلق الديدان الغزوية وديدان بحرية أخرى</p> 	<p><b>الشوكيات</b> شوكيات الجلد ٩٥٠٠٠ بحرية</p> <p>التجملات القصبية قناديل البحر خيار البحر نجم البحر زنايق البحر والتجملات الرشيبة</p> 	<p><b>شعب صغيرة</b> المسقطات والدورات والخطميات ٩٥٠٠٠ الأمشاط البحرية الدورات جوفيات الخرطوم (الثيرميتية)</p> 
--	--	---	---	---	---

المفصليات هذه الشعبة الكبيرة تحوي حيوانات مفصلة الاجسام مشددة يغطيها هيكل خارجي. يتنم الهيكل الخارجي الجسم ويحميه، كما يمنحه من التكيف على البر.

<p><b>اللافقاريات</b> ٩٥٠٠٠ بحرية غالباً</p> <p>البرمائيات قناديل البحر الشقائق البحرية الغذارات (الهيدرا)</p> 	<p><b>المسطحات</b> الديدان المسطحة ٩٥٠٠٠ المسطحات العذبة العيش الديدان الشبكية الشريطيات</p> 	<p><b>الرغويات</b> الرغويات ٩٥٠٠٠ سائلة ورسبة</p> <p>الغشويات البراقع والقوقع البطنوس والمعار المروحي الصدفيات النسنة الأحطوطات والحيات والسديدات</p> 	<p><b>الحلقيات</b> الديدان الحلقية ٩٥٠٠٠ سائلة ورسبة</p> <p>الخراطيم والقوقع الحمرات العلق الديدان الغزوية وديدان بحرية أخرى</p> 	<p><b>الشوكيات</b> شوكيات الجلد ٩٥٠٠٠ بحرية</p> <p>التجملات القصبية قناديل البحر خيار البحر نجم البحر زنايق البحر والتجملات الرشيبة</p> 	<p><b>شعب صغيرة</b> المسقطات والدورات والخطميات ٩٥٠٠٠ الأمشاط البحرية الدورات جوفيات الخرطوم (الثيرميتية)</p> 
--	--	---	---	---	---

الحبليات هذه الشعبة تحوي حيوانات ذات خيل عصبي وظهري جاسي يمتد على طول الجسم. وفيها ٤٤٠٠٠ نوع كلها تقريباً فقارية (أي تحوي عموداً فقرياً). أما شعبيتها

<p><b>اللافقاريات</b> ٩٥٠٠٠ بحرية غالباً</p> <p>البرمائيات قناديل البحر الشقائق البحرية الغذارات (الهيدرا)</p> 	<p><b>المسطحات</b> الديدان المسطحة ٩٥٠٠٠ المسطحات العذبة العيش الديدان الشبكية الشريطيات</p> 	<p><b>الرغويات</b> الرغويات ٩٥٠٠٠ سائلة ورسبة</p> <p>الغشويات البراقع والقوقع البطنوس والمعار المروحي الصدفيات النسنة الأحطوطات والحيات والسديدات</p> 	<p><b>الحلقيات</b> الديدان الحلقية ٩٥٠٠٠ سائلة ورسبة</p> <p>الخراطيم والقوقع الحمرات العلق الديدان الغزوية وديدان بحرية أخرى</p> 	<p><b>الشوكيات</b> شوكيات الجلد ٩٥٠٠٠ بحرية</p> <p>التجملات القصبية قناديل البحر خيار البحر نجم البحر زنايق البحر والتجملات الرشيبة</p> 	<p><b>شعب صغيرة</b> المسقطات والدورات والخطميات ٩٥٠٠٠ الأمشاط البحرية الدورات جوفيات الخرطوم (الثيرميتية)</p> 
--	--	---	---	---	---

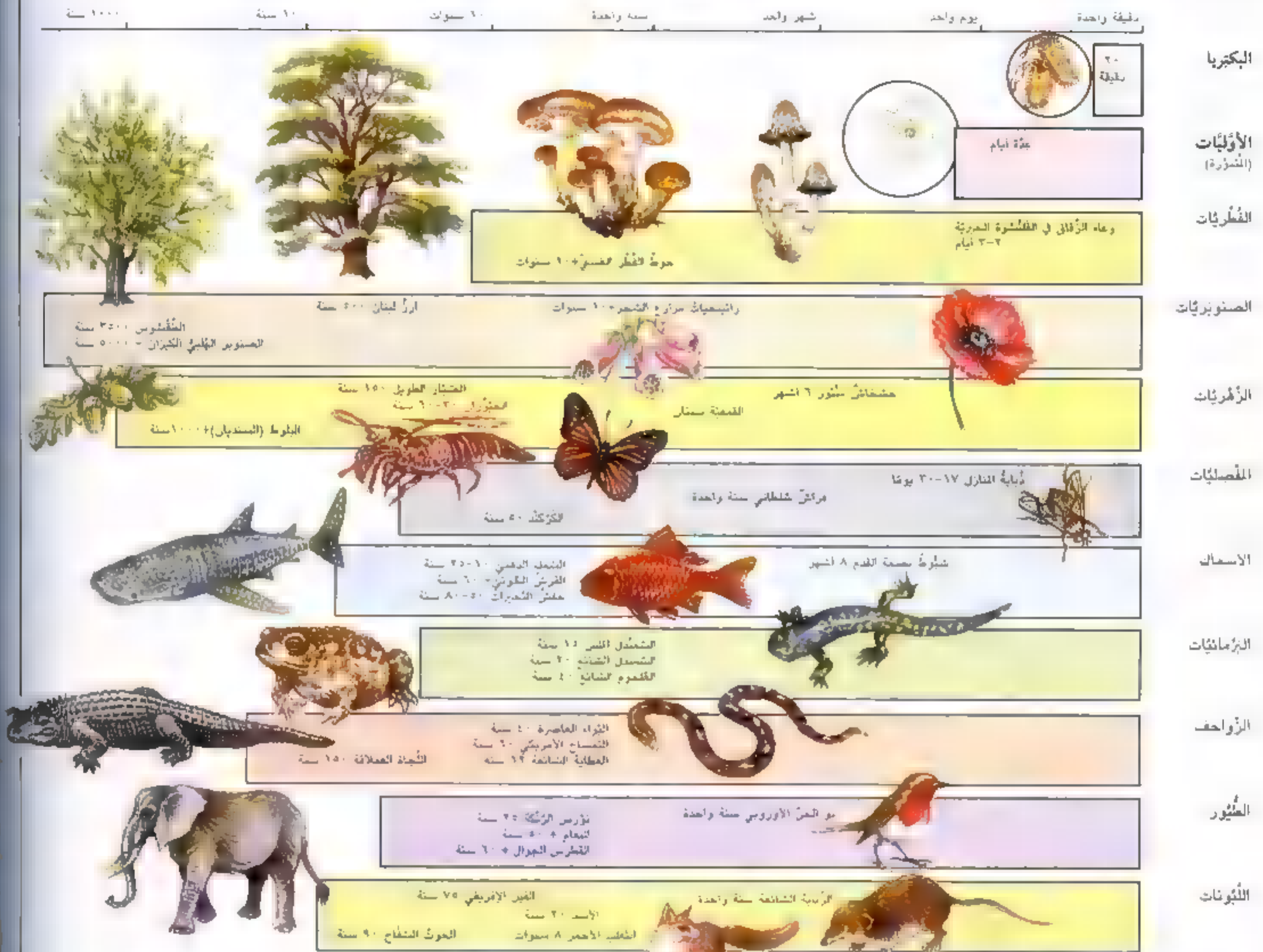


# الكائنات الحية - كيف تعمل

مدى الأعمار

مدى أعمار مختلف المُنظمات. أما البكتيريا والأوليات فتتكاثر عادةً بالانقسام الثنائي، فتبقى خلاياها أو بعضها حية بالرغم من انشطاراتها.

يرتبط مدى العمر في معظم الكائنات الحية، بعملية التكاثر؛ فالنباتات والحيوانات لا تعيش طويلاً بعد انتهاء حياتها التناسلية وفيما يلي



الدليل

١٥ يومًا - فترة الحمل  
(٨-٦) - معدل عدد الصغار

**فترات الحمل**  
فترة الحمل هي الفترة الزمنية بين الإخصاب والولادة؛ وهي في معظم الثدييات محددة بدقة. فالثدييات الضخمة غالباً ما تكون فترات حملها طويلة - مع بعض الاستثناءات، كما في النكناغر حيث فترة الحمل قصيرة جداً.

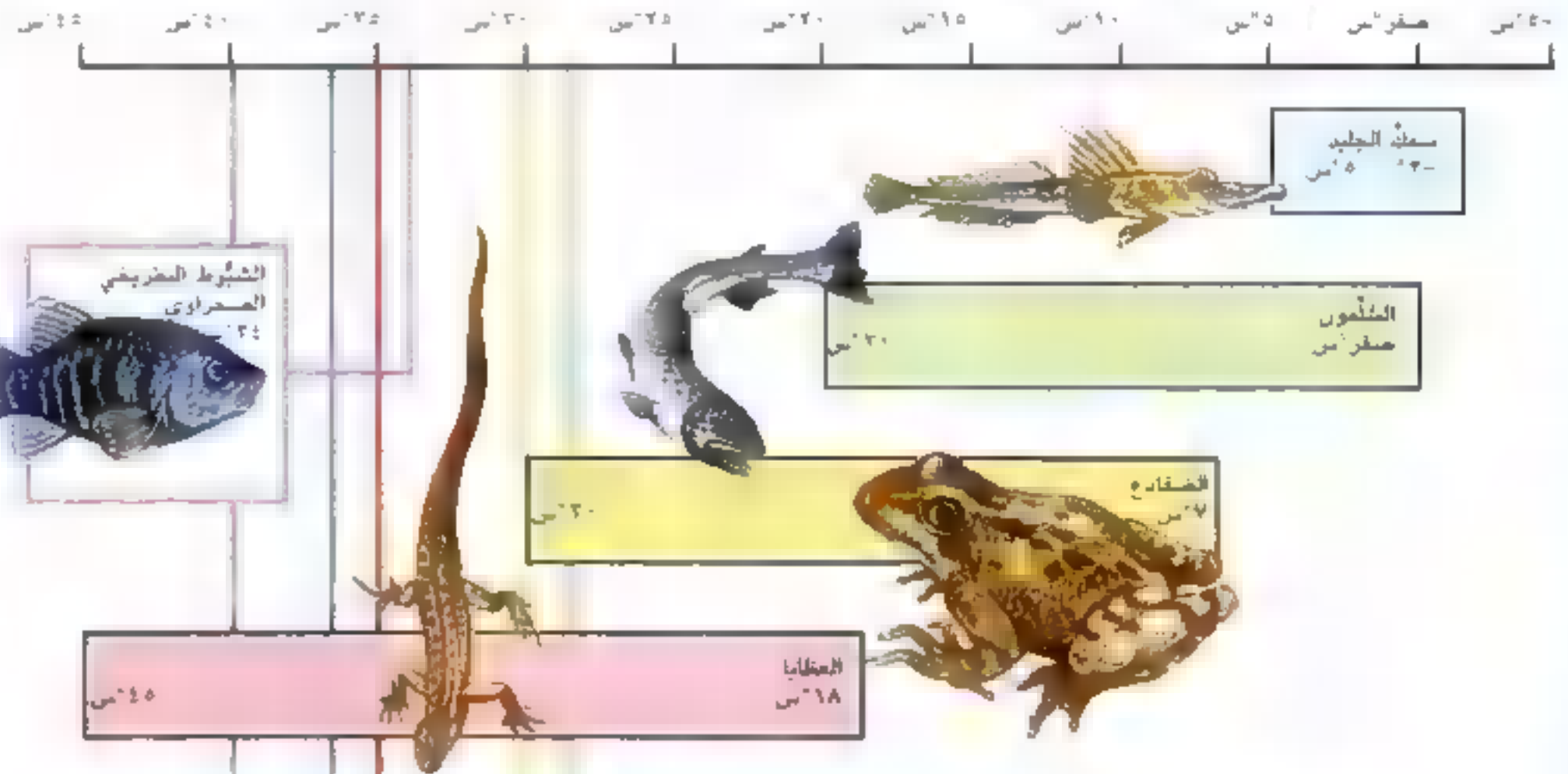




## دَرَجَةُ حرارة الجِسم

المُضْطَلَّحان «حارُّ الدَّم» و«باردُ الدَّم» قد يكونان مُضَلَّلَيْن . فالشُّبُوطُ البَطْرِيخِيُّ الصَّحْرَاوِيُّ «باردُ الدَّم» كسائر الأسماك . لكنّه يعيشُ في البيابيع الحارّة، ودُمّه حارٌّ في الواقع . فيما الحُفَّاشُ المُسْتَكِنُ شتاءً «حارُّ الدَّم» لكنّ درجة حرارة جسده أبردُ بكثير .

## حيوانات خارجية الإحار (باردة الدَّم)



## حيوانات داخلية الإحار (حارة الدَّم)



## مُعَدَّلَاتُ الأيض (الاستقلاب)

إنّ مُعَدَّلَ الاستقلاب لأيّ حيوانٍ هو مُعَدَّلُ ما «يُحْرَقُه» من الغذاء لإطلاق الطاقة . فيما يلي مُعَدَّلَاتُ الأيض لمجموعة من اللُّبونات المُختلفة ، بالمُقارَنة مع مُعَدَّلِهِ في البَشَر . فاللُّبونات الصغيرةُ ينهي لها حَرْقُ الغذاء بِمُعَدَّلٍ أبيضٍ بالنسبة لأحجامها - لأنّ مساحةَ جلدِها الكبيرة نسبيّاً تُفَوِّدُ أجسامها الحرارةَ بسرعة .

بالمُقارَنة يُبيّنُ المُحِطُّظُ سرعةَ احتراقِ الغذاء في الحيوانات لِكُلِّ وَخْدَةٍ وَزْنٍ من أجسامها ، بافتراضِ الرقمِ واحد المُعَدَّلُ للإنسان .

الفيل ٠.٣٣

المصان ٠.٥٢

الإنسان ١.٠٠

الخروف ١.٠٤

الكلب ١.٥٧

البقر ٢.٢٤

الفرد ٤.١٤

الشعاب ٤.٩٠

فأرة المنازل ٧.٨٦

فأرة الحصاد ١١.٩٠

الزنبابة ٣٥.٢٤

## الفيتامينات

الفيتامينات مُعَدَّياتُ أساسيّةٌ يحتاجها الجِسمُ بكميّاتٍ ضئيلةٍ جدّاً . القائمةُ أدناه تُبيّنُ احتياجاتَ الشخصِ البالغِ من الفيتامينات يوميّاً .

### فيتامينات تلوّب في الدّهون

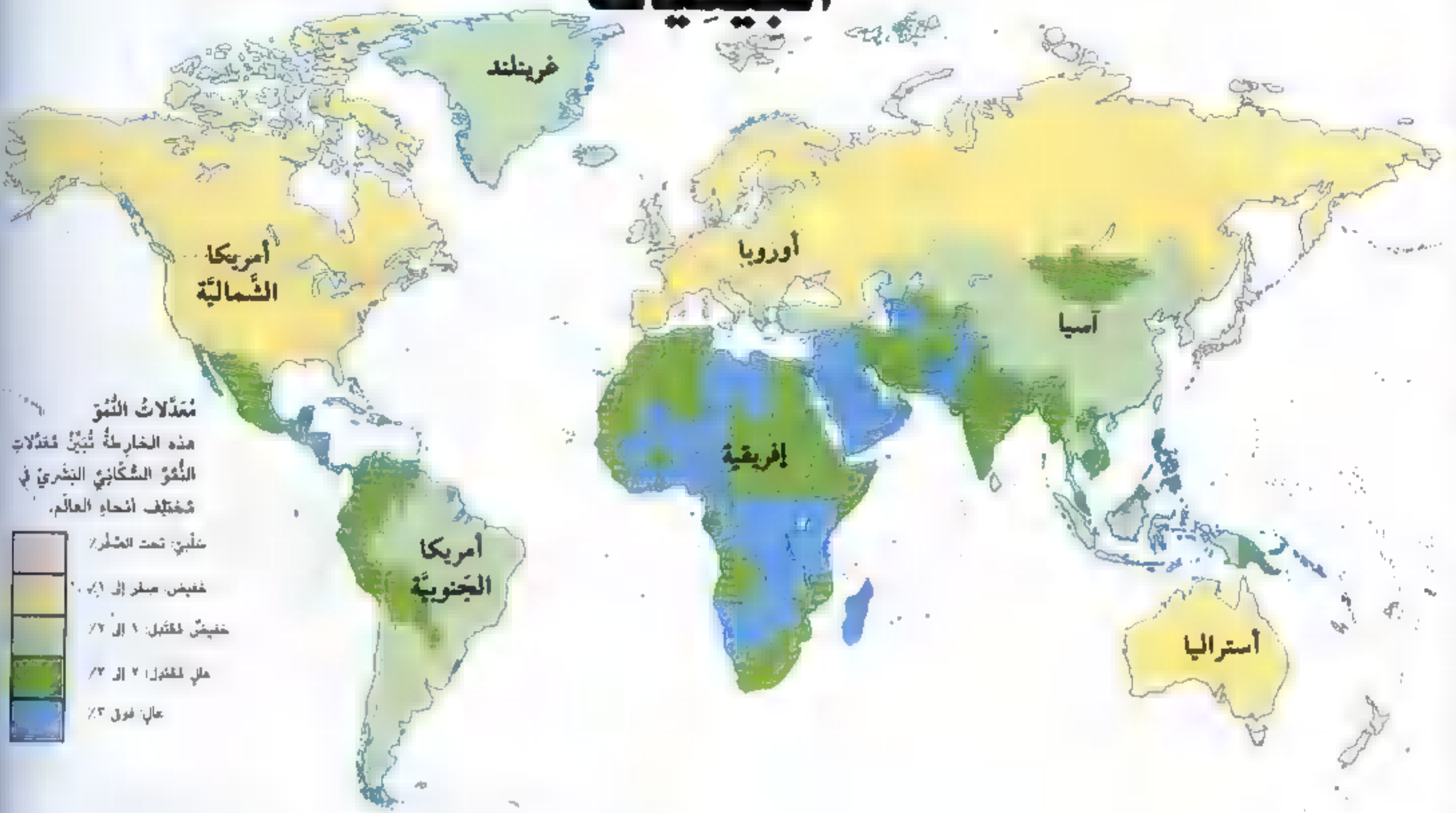
فيتامين أ	١ مليغرام
فيتامين د	٧.٥ ميكروغرامات
فيتامين هـ	١٠ مليغرامات
فيتامين ك	١٠٠ ميكروغرام

### فيتامينات تلوّب في الماء

فيتامين ب١	١.٥ مليغرام
فيتامين ب٢	١.٧ مليغرام
نياسين	١٩ مليغرامات
فيتامين ب٣	٢.٢ مليغرام
فيتامين ب٥	٣ ميكروغرامات
حامض البانتوثنيك	٦ مليغرامات
حامض الفوليك	٤٠٠ ميكروغرام
بيوتين	٣٠٠ ميكروغرام
فيتامين ج	٦٠ مليغرامات



# البيئات

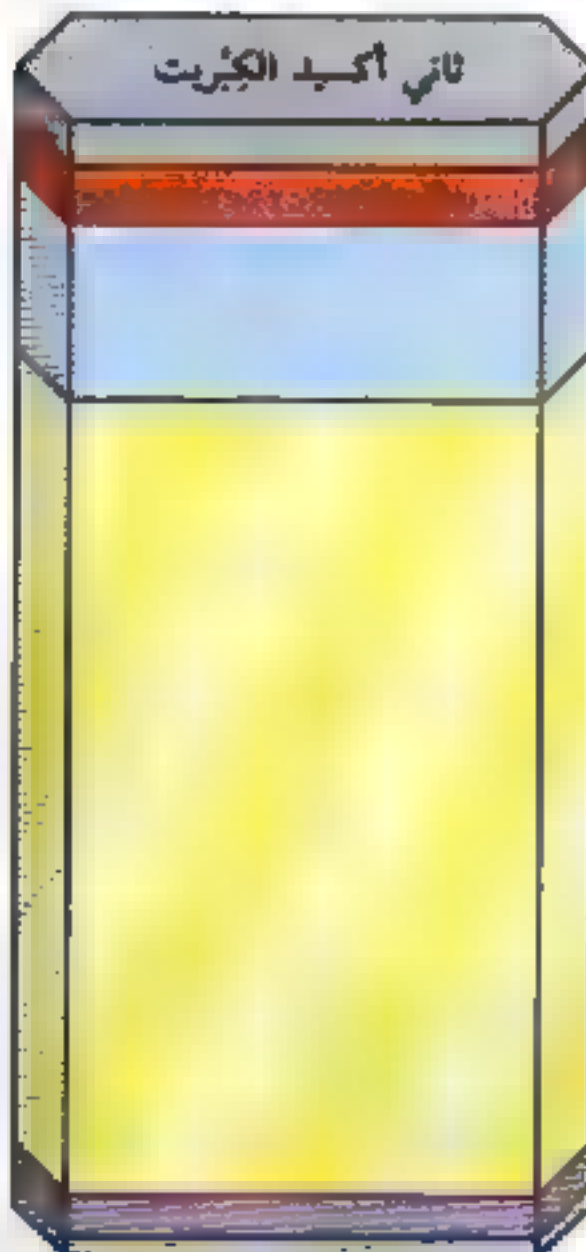
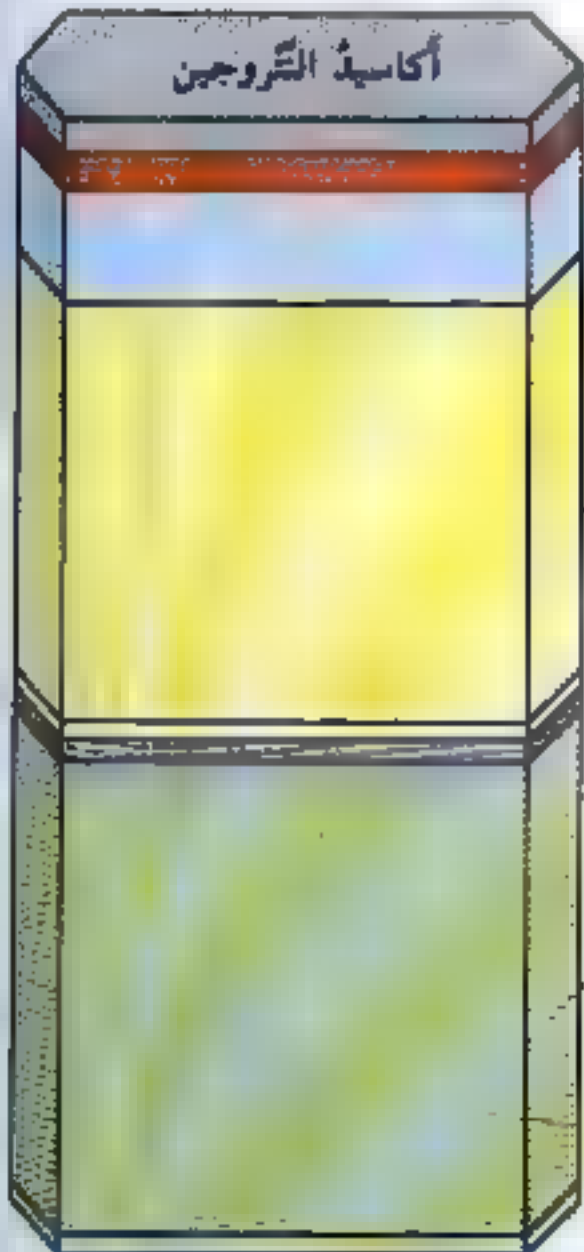


## التلوث

الدليل (مصادر التلوث)

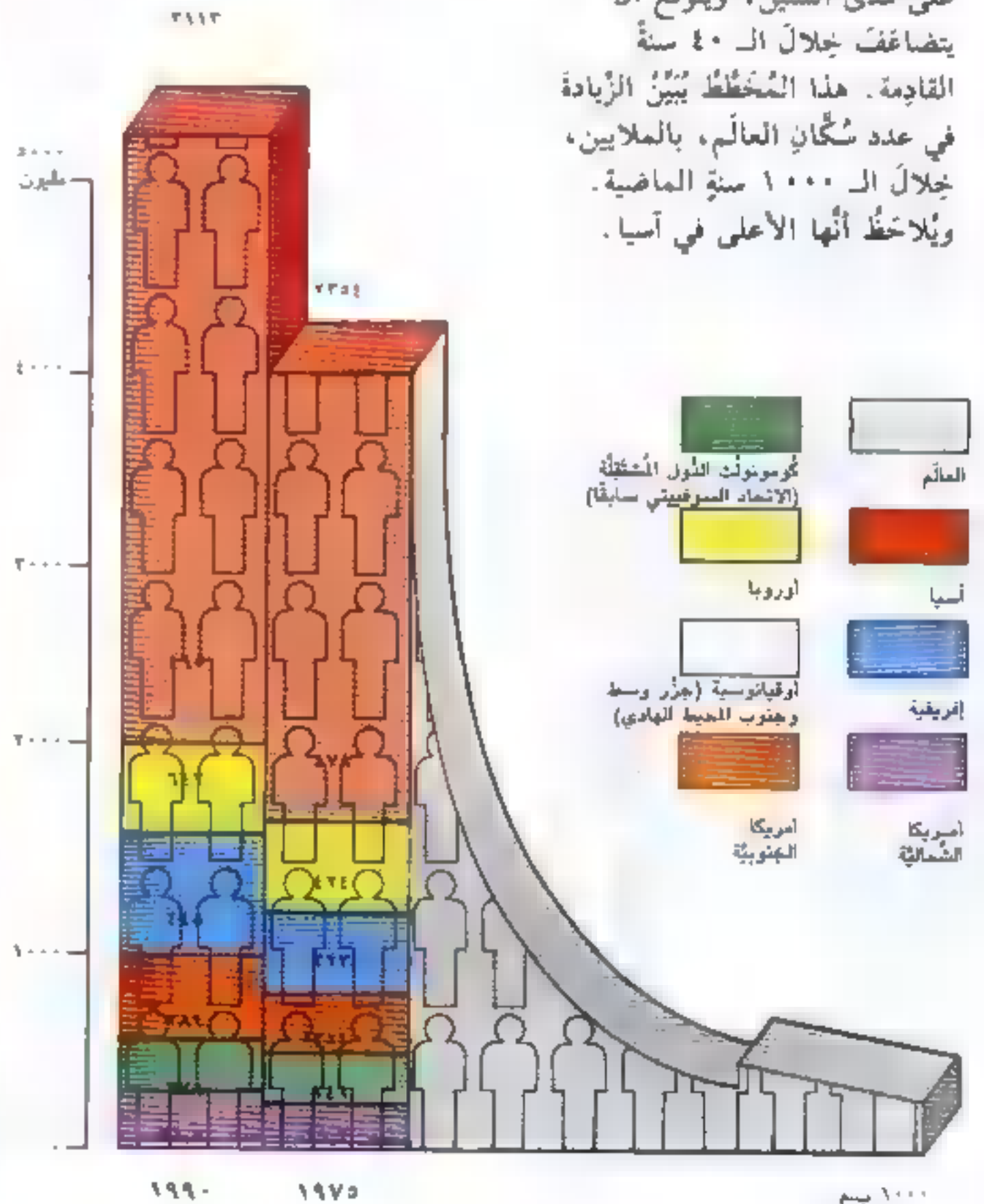
- التجارة
- المنزل
- الصناعة
- مخلفات القدرة
- الشحن الحديثة
- مصادر التلوث
- حركة المرور
- مخلفات أخرى

المطر الحامضي يلحق الضرر بالغابات  
وبالحياة البرية. وتسبب هذا المطر غازات  
ثاني أكسيد الكبريت وأكاسيد النتروجين  
الناجمة عن احتراق الوقود المختلفة. هذه  
الغازات تذوب في قطرات الماء المعلقة  
في الهواء الرطب، ثم تساقط مطراً أو ثلجاً  
حامضاً يلحق الضرر بالبيئة.



## النمو السكاني

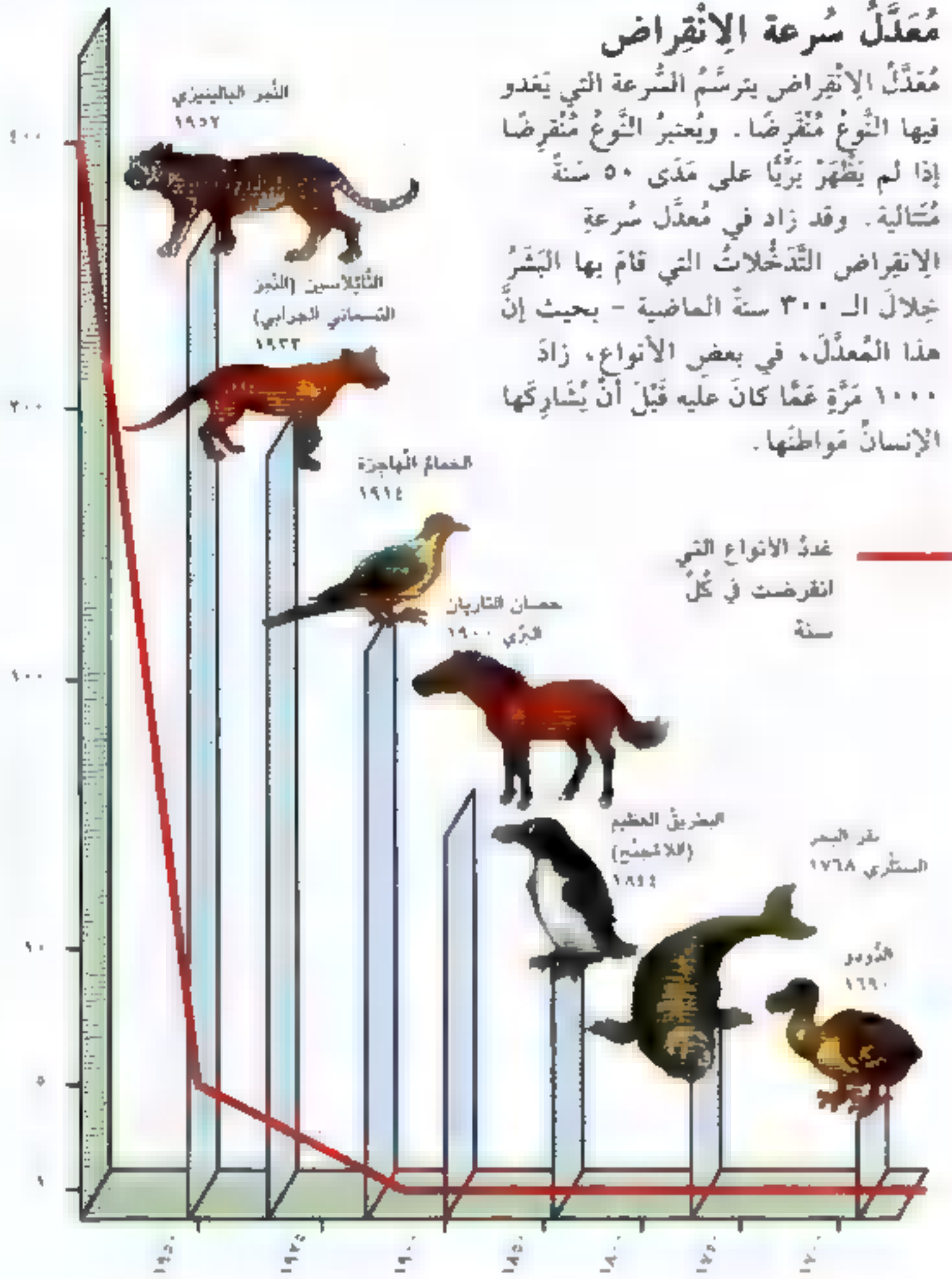
لقد تزايد عدد سكان العالم بأفراد  
على مدى السنين، ويتوقع أن  
يتضاعف خلال الـ ٤٠ سنة  
القادمة. هذا المخطط يبين الزيادة  
في عدد سكان العالم، بالملايين،  
خلال الـ ١٠٠٠ سنة الماضية.  
ويلاحظ أنها الأعلى في آسيا.





## مُعَدَّلُ سُرْعَةِ الْإِنْقِرَاضِ

مُعَدَّلُ الْإِنْقِرَاضِ يَتَرَسَّمُ السَّرْعَةُ الَّتِي يَغْدُو فِيهَا النَّوْعُ مُتَقَرِّضًا . وَنُحْسِبُ النَّوْعَ مُتَقَرِّضًا إِذَا لَمْ يَظْهَرْ بَرِّيًّا عَلَى مَدَى ٥٠ سَنَةً مُتَتَالِيَةً . وَقَدْ زَادَ فِي مُعَدَّلِ سُرْعَةِ الْإِنْقِرَاضِ التَّدْخُلَاتُ الَّتِي قَامَ بِهَا الْبَشَرُ خِلَالَ الـ ٣٠٠ سَنَةِ الْمَاضِيَةِ - بِحَيْثُ إِنَّ هَذَا الْمُعَدَّلَ، فِي بَعْضِ الْأَنْوَاعِ، زَادَ ١٠٠٠ مَرَّةً عَمَّا كَانَ عَلَيْهِ قَبْلَ أَنْ يُشَارِكَهَا الْإِنْسَانُ مَوَاطِنَهَا .



## الأنواع المهددة بالانقراض

كثير من أنواع الحيوان، كالأصناف المميّنة أدناه، مهددة بالانقراض بسبب تدمير مواطنها الطبيعية والتلوث والصيد ومناقسة الأنواع المحلية من بيئات أخرى.

الحيوان	موطنه	العدد الباقي منه
الجاموس الآسيوي	الهند وبنغال	٢٢٠٠
الببغاء الأوروبي	بولونيا	حوالي ١٠٠٠
الثوريل الجبلي	رواندا (إفريقية)	٦٠٠
الفقعة الزاهية المتوسطة	البطخ الأبيض المتوسط	٥٠٠
الدلفين النهرى الصينى	الصين	٣٠٠
النمدا الجملاق	الصين	٣٠٠
الكركي الشهابي	أمريكا الشمالية	٢٠٠
نشاس الطمارين الذهبي	أمريكا الجنوبية	٢٠٠
الخنزير البري القزم	أشام (باليه)	١٠٠
الكركند الجاوي	جاوا (إندونيسيا)	٥٠
بيغمان كاكايو	نيوزيلندا	٥٠

## مسالك الهجرة ومداها

في أوقات محدّدة من السنة، تنتقل بعض الحيوانات من منطقة إلى أخرى - ويُعرف هذا بالهجرة. وفيما يلي مُعَدَّلُ المسافات التي تقطعها هذه الحيوانات في هجراتها.





# تعريفات \*



\* الكلمات المطبوعة بحروف مائل تدل في مداخل مستقلة في هذا المورد.

انتشار أزموسي: أنظر «انتشار».

الانتقاء الطبيعي: أنظر «الانتخاب الاصطناعي».

انتقاص: ايضاً فني: سلسلة تفاعلات كيميائية تتكك الجزيئات الكبيرة في الكائنات الحية إلى جزيئات أصغر وهذا يتيح طاقة (catabolism).

انتقال (النسخ): تحرك أو انتقال الموضع في أجزاء النبات (translocation).

انثراستيت: فحم صلب نقي يحترق دونما لهب أو دخان تقريباً (anthracite).

انحل - ينحل: يتفكك أو ينحل بفعل الحالات المضوية (decompose).

انحلال: أنظر «تنحل».

انقراض: أنظر «انقراض».

انديستيت: صخر بركاني بني أو رمادي دقيق الغنيبات (andesite).

انديماج نووي: تفاعل نووي تدمج فيه النوى الخفيفة (كالهيدروجين مثلاً) لتكوين نواة أثقل ومنطلقة طاقة (nuclear fusion).

انديوسپرم، شويبة البيرة: نسيج اختزان الغذاء في البيرة (endosperm).

الانزياح الأحمر: انزياح الضوء (نحو الطرف الأحمر الطيف) من موجة تتحرك بعيداً عن الأرض (red shift).

انزيم: حفاز في الكائنات الحية يزيد من سرعة التفاعلات في العمليات الكيميائية الطبيعية (enzyme).

انقسام نووي: تفاعل نووي تشطر فيه النواة إلى نواتين أصغر مطلقة طاقة (nuclear fission).

انضغاط (١): تضغط إلى الأمواج الطولية كالصوت) يزيد من الضغط وكثافة الجزيئات (compression).

(٢) انضغاط يزيد من كثافة المائع (compression).

انعراج، حيود: انتشار الأمواج توشقاً عند مجاورها شطباً ضيقاً (diffraction).

انعكاس: ارتداد الضوء أو الحرارة أو الصوت عن سطح ما (reflection).

انعكاس داخلي: انعكاس بعض الضوء من حزمة أشعة ضوئية مارة من وسط كثيف (كالمزاج) إلى وسط أقل كثافة (كالماء) (internal reflection).

انعكاس قطبي: انعكاس اتجاه المجال المغنطيسي الأرضي (polar reversal).

انعكاس مرآوي: انعكاس ترتد فيه أمواج الضوء عن السطح العاكس بالزاوية نفسها التي تسقط فيها (specular reflection).

الانفجار العظيم: نظرية مفادها أن الكون ابتدا بانفجار هائل للمادة، ويمنطق أن أجزاء الكون لا تزال في تباطؤ بسبب ذلك الانفجار (Big Bang).

انقراض، انقراض: موت جميع الأفراد من كائن حي (extinction).

انقسام الخلية: عملية تنشط فيها خلية واحدة لتنتج خليتين شجارتين (cell division).

الانقسام اللبني: انقسام الخلية حيث تنقسم النواة لتنتج خليتين، كل واحدة منهما تحوي العدد نفسه من الصبغيات (الكروموسومات) كالخلية الأم (mitosis).

انقسام متخالف: انقسام الخلية الذي ينتج أربعة أمشاج (أعراس) في كل منها نصف عدد الكروموسومات (الصبغيات) الموجودة في الخلية الأصلية (meiosis).

انكسار: تغير اتجاه الشعاع الضوئية عند مرورها من وسط إلى آخر تختلف الكثافة (مثلاً من الهواء إلى الزجاج) (refraction).

أنود، منفذ: إلكتروود موجب (anode).

أنودة: تغطية جسم فلزي بطبقة أكسيدية واقية رقيقة بالكهربة (anodizing).

أيون، شاردة سالبة: أيون سالب الشحنة الكهربائية (anion).

اهتزاز، تذبذب: حركة ترجيح سريعة (ذهاباً وإياباً)، مثلاً الزلزلة تجعل سطح الأرض يهتز، والصوت يجعل الهواء يهتز (أو يتذبذب) (vibration).

أوزون: نظير الأكسجين يوجد في طبقات الجو العليا حيث يؤلف طبقة الأوزون، يحوي جزيء الأوزون ثلاث ذرات من الأكسجين (ozone).

أوم (Ω): وحدة المقاومة الكهربائية (يساوي مقاومة موصل يترتب فيه أمبير واحد حين فرق الجهد بين طرفيه قلعة واحد) (ohm).

أوتيل: أنظر «هوتل».

ايسوبار، خط تساوي الضغط: خط على خريطة الطقس يوصل النقاط المتساوية ضغط الهواء (الضغط الجوي) (isobar).

ايسومر، زمير، معاكب: مركبات شبيهة في التركيب (يحوي النواتج نفسها) لكن بترتيب ذرات مختلف (isomer).

ايض بنائي، استقلاب بنائي: سلسلة من التفاعلات الكيميائية في الكائنات الحية تبني جزيئات كبيرة من آخر صغيرة (anabolism).

المادة يصبحته ابتعاث الإشعاع (radioactivity).

أشعة إكس، الأشعة السينية: خرجت من الإشعاع الكهرمغنطيسي الموجة أقصر من الإشعاع فوق البنفسجي (وتردده أكثر) (X-rays).

أشعة جاما: نوع من الإشعاع الكهرمغنطيسي أطواله الموجية قصيرة جداً (gamma rays).

الأشعة السينية: أنظر «أشعة إكس».

إصدا، ترجيع الصدى: بثو الصدى السامع قبل انتهاء الصوت الأصلي (فيبدو أن الصوت استمر لفترة أطول) (reverberation).

اطياف: أنظر «طيف».

إعادة التدوير: إعادة استخدام النفايات (بعد معالجتها) لتوفير الموارد والطاقة (recycling).

إعصار، زوبعة: منطقة ضغط منخفض تسودها رياح شديدة تملأ سرعتها ١٢٠ كم/الساعة تدوم باتجاه مضاد لحركة عقرب الساعة في نصف الكرة الشمالي (وعكس ذلك في النصف الجنوبي) (cyclone).

إعصار مداري: عاصفة دوامية دائرية هائلة تزيد سرعة الرياح فيها على ١٢٠ كيلومتراً في الساعة (hurricane).

إعصار مائي نووي: عمود مائي يسقط تورنادو (إعصار دوامي قسوي) فوق مياه البحر (waterspout).

إعصار مداري مواسمي: أنظر «إعصار».

إعصار فضائي: أنظر «ضد الإعصار».

إف إم: أنظر «تضمير التردد».

إفراز: إطلاق (أو انطلاق) مواد معينة من خلايا النبات والحيوان (secretion).

إفراغ: إزالة الفضلات بمختلف الوسائل التي تقوم بها المتعضيات (excretion).

أكسدة، تأكسد: اكتساب المادة أكسجيناً أو فقدتها للهيدروجين؛ أو فقدان النواة إلكترونات في تفاعل كيميائي (oxidation).

أكشوشفير، الغلاف (الجوي) الخارجي: الجزء الخارجي الغليظ من جو الأرض (حوالي ٩٠٠ كيلومتر فوق سطح الأرض) (exosphere).

أكسيد: مركب من عنصر مع الأكسجين (oxide).

إكليل، طفاوة، هالة: طبقة الغازات المسخنة الخارجية المحيطة بالشمس (corona).

التصاق، تلاصق: قوة التجاذب بين ذرات أو جزيئات مائتين مختلفتين (adhesion).

إلكتروود، فئري، قطب: قطعة من المعدن أو الكربون تعلق أو تعلق الإلكترونيات في دائرة كهربائية (electrode).

إلكتروسكوب، مكشاف كهربائي: جهاز يكشف عن وجود شحنة كهربائية (electroscope).

إلكترونيك: أنظر «كهربون».

إلكترون، كهربون: جسيم سالب الشحنة الكهربائية يدور حول النواة في كل أنواع الذرات (electron).

أمبير: وحدة قياس شدة التيار الكهربائي (ampere «amp»).

أمشاج: أنظر «مبيض».

أميتر: جهاز قياس شدة التيار الكهربائي (ammeter).

إنساني: فرد من فصيلة الرئيسات الشبيهة بالبشر ومنها الإنسان والفرد القليل (hominid).

إنتاش: المراحل الأولى من نمو البيرة (لتصبح لبنة) (germination).

الانتخاب الاصطناعي: إنتقاء يمكن الإنسان من تغيير التركيب الجيني لنوع معين من الكائنات (artificial selection) (إقارن «انتخاب طبيعي»).

الانتخاب الطبيعي: طريقة الانتخاب بحيث إن الخصائص التي تساعد النوع على البقاء توارثت إلى الجيل التالي (natural selection).

إنتشار: امتزاج مادتين أو أكثر بفعل الحركة العشوائية للجزيئات (diffusion).

آ. آ. لانية قتلية: لانية بركانية خشنة السطح (a a).

أكل الغشيب: أنظر «غشيب».

أكل اللحم: أنظر «لاحم».

إشتكال: أنظر «حكت (كيميائي)».

إبصار بالعينين: قدرة بعض الحيوانات على رؤية الأجسام مجتمعة ثلاثية الأبعاد وبالتالي تقدير المسافات (binocular vision).

التزان: أنظر «توازن».

أجاج: محلول ملحي قوي (hrine).

اجيج شمسي: شوط أو اندلاع إشعاعي تفجيري مفاجئ من الشمس (solar flare).

أحادى الفللة: نبات زهرى مفرد الفللة (مفرد ورقة البيرة) (monocotyledon).

احتراق: تفاعل كيميائي تحدث فيه المادة بالأكسجين منتجة طاقة حرارية (combustion).

احتكاك: قوة تبطئ أو توقف حركة سطح على آخر (friction).

أحفورة، مستحجرة: بقايا نبات أو حيوان متحجرة (fossil).

اختزال: اكتساب المادة الهيدروجين أو فقدانها الأكسجين؛ وتوسيع هو اكتساب الذرة إلكترونات في تفاعل كيميائي (reduction).

اختلاف المنظر: تحرك الأجسام ظاهرياً، بعضها بالنسبة لبعض، بتغير موقع المشاهد (كتحرك الأشجار القريبة ظاهرياً بالنسبة للثلال خلفها خلال تحرك المشاهد) (parallax).

اختمار، تخمير: عملية تحويل (أو تحول) السكريات النباتية إلى كحول وثاني أكسيد الكربون بواسطة الخمائر (fermentation).

إخصاب: اتحاد الأمشاج (الأعراس) الذكرية بالأمشاج الأنثوية (fertilization).

إخصاب تهجين: إخصاب (أو الفاح) النبات بأمتاج (أو أعراس) من نوع نباتي آخر (cross-fertilization).

إدماع: أنظر «نشح».

أدمة: طبقة شبيهة من النسيج الجلدي تحت البشرة (dermis).

أدمة خارجية: أنظر «شرة».

ارتجاج: لحاق جبهة باردة بأخرى دافئة (occlusion).

ارتحال: أنظر «مجرة».

ارتشاح: أنظر «نشح».

إزاحة: تداخل كيميائي يستبدل فيه أيون أو ذرة في جزيء بأيون أو ذرة أخرى (displacement).

إزالة الملوحة، تكلية: إزالة الملح من ماء البحر (desalination).

الأس الهيدروجيني: أنظر «pH».

استقبال، استقبال داخلي: وسائل الحيوان لحفظ بيئته الداخلية (درجة الحرارة وضغط الدم والأس الهيدروجيني لوسائل الجسم الخ) مستقرة (homeostasis).

استحالة: أنظر «تحول».

استراتيجالية، علم طبقات الأرض: دراسة وتوصيف الطبقات الصخرية (stratigraphy).

استشراب: طريقة فصل المزيج بإمراره خلال وسط معين - كورقة ترشيح مثلاً، أجزاء المزيج المختلفة تسري عبر الوسط بسرعات مختلفة، أو هو طريقة لفصل مزيج من المذابات بانتشارها المتباين خلال وسط ضاسمي (chromatography).

استقرار داخلي: أنظر «استقبال».

استقلاب بنائي: أنظر «ايض بنائي».

أشابة: خليط من فلزين أو أكثر، أو من فلز ولافلز (alloy).

إشباع: أنظر «تشبع».

إشراق كهربائي، زحلاق كهربائي: فصل الجسيمات المشحونة في مزيج (electrophoresis).

إشعاع (١) موجة كهرومغنطيسية (radiation).

(٢) تيار من الجسيمات المشحونة من مصدر ذي نشاط إشعاعي (radiation).

(أنظر أيضاً «طبقة كهرومغنطيسية»).

إشعاع الخلفية (١) إشعاع خفيش الشدة نتيجه مواد مشعة داخل الأرض وخوالها (background radiation).

(٢) إشعاع قضائي ضفري الأمواج لعة من بقايا الانفجار العظيم (background radiation).

إشعاع دون الأحمر: نط الإشعاع الكهرمغنطيسي الذي يتبعه الأجسام الباردة (infrared radiation).

الإشعاعية، الفاعلية أو النشاط الإشعاعي: تفكك النوى في ذرات



ايضاً هذمي: أنظر: انتفاخ.

أيون، شاردة: ذرة أو مجموعة ذرات فقدت أو اكتسبت إلكترونات واحداً أو أكثر لتصبح ذات شحنة كهربائية. (ion)  
الايونوسفير، الغلاف الجوي الثاني: القسم من الغلاف الجوي، على ارتفاع 50 إلى 100 كيلومتر عن سطح الأرض، الذي يعكس الأمواج الراديوية (اللاسلكية). (ionosphere)

## ب

بأوليت: قبة من الصخر الناري تصلبت في كتلة جوفية ضخمة (batholith)

بازلت: صخر بركاني زجاجي داكن أو مشود. (basalt)  
بتروكيماوي، مستحضر بتروكيماوي: مادة كيميائية تُحضّر من النفط أو من الغاز الطبيعي. (petrochemical)

بثوميبي: أنظر: قيرى.  
برامجيات، البرامج التي يستخدمها الحاسوب. (software)  
برج (القي): أنظر: كوكبة.  
برخان: كتلة زمني ملأى عقرون. (harchan)  
برنامج: سلسلة من التعليمات المشفرة (المؤشرة) لتشغيل الحاسوب. (program)

بروتون، أول: جسيم في نواة الذرة يحمل شحنة كهربائية موجبة (وهو يولف النواة في ذرة الهيدروجين العادي). (proton)  
بروتين: مادة غذائية يحتاجها الجسم للنمو والتصلب توجد في الأطعمة كالشحم واللحوم والحبوب والحبوب البقلية (كالفاصولياء والفول واللوبيا). (protein)

البشرة، التعقيم: إخماد الطعام لقتل البكتريا أو الجراثيم (المسببة للمرض) فيه. (pasteurization)  
بشرة، أدمة خارجية: الطبقة الخارجية من الجلد. (epidermis)  
بطارية، مزعم: سلسلة من خلية كهرناتية أو أكثر تُنتج وتخزن الكهرباء. (battery)

النبع الشمسية، خُلف الشمس: بقع على سطح الشمس أبرزها خوالها فتبدو أظلم منا حوالها. (sunspots)

بكتريا: أنظر: جرثوم.  
بلازما (١) مثل الدم، الجزء السائل من الدم. (plasma)  
(٢) غاز حام مشحون بالكهرباء، الإلكترونات فيه متحررة من ذراتها. (plasma)

بلسار، نباض كوني: نجم كثيف. (pulsar)  
بلورة: بنية مادية جامدة ذات شكل منتظم. (crystal)  
بوصلة ذرارة، أنظر: جيروسكوب.  
بوليمر: أنظر: مكلور.

النباض، مقدار ما يمكنه جسم، بخاضة كوكب أو قمر، من نور الشمس. (albedo)

بين جليدي: فترة طقس دافئ نسبياً بين عشرين جليديين. (interglacial)

البيولوجية: أنظر: علم الحياة.  
بيئة: المحيط أو الوسط الذي يتواجد فيه حيوان أو نبات. (environment)

البيئات، علم البيئة: دراسة العلاقات بين المتعضيات وبيئتها. (ecology)

## ت

تابع: أنظر: مسائل.

التاريخ الإشعاعي: طريقة لتقدير عمر الأشياء بقياس نسبة النظائر المشعة التي اضمحلت فيها. (radioactive dating)

تأخذ: أنظر: أكتيد.  
تألق: أنظر: فلورية.

التبخّر، التبخر: تحول أو تحويل السائل إلى بخار بانفلات الجزيئات من سطحه. (evaporation)

تحاكة: أنظر: حدة.  
تحريض: أنظر: حدة.

تخل، تفكك، انجلال: (١) تحلل عضوي. (decomposition)  
(٢) تفكك أو تفكك الجزيئات الكبيرة إلى جزيئات أصغر. (decomposition)

التحلل أو التحليل الكهربائي: أنظر: كهزلة.  
تخلية: أنظر: إزالة الملوحة.

التحليل القمي: لتحديد التركيب النسبي لمكونات المادة موضع الاختبار. (quantitative analysis)

التحليل الكهربائي: أنظر: كهزلة.  
التحليل النوعي: لإيجاد مكونات المادة أو المركب موضع الاختبار. (qualitative analysis)

تحول، استحالة: تغير أو تحول الشكل، مثلاً التحول من يشروع إلى خابرة لي تطور الحشرات. (metamorphosis)

تحول مفاجي: أنظر: طفرة.

تخلخل: سلبق عن طول الموجة الطولانية (كموجة الصوت) حيث ضغط الجزيئات وكثافتها خفيضان. (rarefaction) (قارن: انضغاط).

تخليق، توليف، تركيب اصطناعي: امتداد جزيئتي أكبر من جزيئات أصغر أو ذرات. (synthesis)

التخليق الضوئي، التمثيل الضوئي: الطريقة التي يصنع بها النبات الغذاء من الماء وثاني أكسيد الكربون باستخدام طاقة الشمس. (photosynthesis)

تخفّر: أنظر: اختصار.  
تخمير: أنظر: اختصار.

تداخل: تداخل الإشارات الناتج من تقابل موجتين أو أكثر. (interference)

تذئب هالي: أنظر: ذوبة.  
ترابط إسهامي: رابطة كيميائية تتبم بمشاركة الذرات في إلكترون أكثر. (covalent bond)

تربين، تربينية، عتفة: حكة تدلّ بمائع ممتدق (غير لزبائها) يُستخرج بدورها من آلة كهربائية. (turbine)  
ترجيغ الصدى: أنظر: إصداء.

تردد، تواتر: عدد الموجات التي تعبر نقطة محددة في الثانية. (frequency)  
تردد عالي جداً: أمواج راديوية ترددها بين 30 و 300 ميغاهرتز (أطوالها من 10 متر إلى متر). (VHF)

تردد فوق العالي: أمواج راديوية ترددها بين 300 و 3000 ميغاهرتز (أطوالها من متر إلى 10 سم). (UHF)

تركيب اصطناعي: أنظر: تخليق.  
تركيز: قياس لقوة المحلول أي كمية الذاب في كمية معينة من المذيب. (concentration)

التروبوبوز، منطقة الزكود (السفل): الحد بين التروبوسفر (الغلاف الجوي السفلي) والستراتوسفر (الغلاف الجوي الطبقي) حيث الطبقة الحرارية ثابتة نوعاً. (tropopause)

التروبوسفر، الغلاف الجوي السفلي: طبقة الحد السفلي من سطح الأرض والستراتوسفر (الغلاف الطبقي) حيث تنخفض درجة الحرارة بالارتفاع؛ مقدار شمسها 12 كيلومتراً. (troposphere)

تسارع، عجلة: مقدار تغير السرعة في وحدة الزمن. (acceleration)

تساقط: ما يساقط من الجو مطراً أو ثلجاً أو برداً. (precipitation)  
التسامي، التصفد، التصعيد: تحول المادة الجامدة من جامد إلى غاز مباشرة دون المرور بحالة السائلة. (sublimation)

تضابك عصبي: أنظر: مشبك.  
تشبع، إشباع: حال المشلول عندما لا يمكن إدابة مزيد من المذاب فيه. (saturation)

تشعيع، تعريض للإشعاع: استخدام الإشعاع لحفظ الطعام. (irradiation)

تصحّر: تحول إلى صحاري (أو تكوّن الصحاري). (desertification)

تضريف: أنظر: تضريف.  
التصفد، للتصعيد: أنظر: التسامي.

التصوير التجميعي: طريقة لتصوير الشيء شجشاً (كلاثي الأبعاد) عن سطحه مُنسّط باستخدام ضوء النيزر المشطور. (holography)

تحويل، نقل: استخلاص مادة ذرارة من مزيج بإمرار مذيب في ذلك المزيج. (leaching)

تضمين: إرسال الإشارة بتغيير خصائص الموجة الراديوية (أي الموجة الحاملة). (modulation)

تضمين التردد: إف إم: إرسال الإشارة بتغيير تردد الموجة الحاملة - كموجة راديوية مثلاً. (FM)

تضمين للثروة، تضمين السعة: نقل أو إرسال الإشارات بتغيير ذروة الموجة الحاملة. (AM)

تطهير: أنظر: تعقيم.  
تطور - يتطور: يخضع لعملية التطور أو التطوير. (evolve)

التطور: العمليات التدريجية التي بها نشأت الحياة وتطوّرت بالتغيرات المختلفة. (evolution)

تطور متقارب: تتطور معالم وميزات متشابهة في أنواع مختلفة بسبب تعرضها لظروف بيئية متشابهة. (convergent evolution)

تعاقل - يتعاقل: أنظر: عاقل.  
تعاقل: أنظر: توازن.

تعاقل، توازن: عملية التحول من نظام بيئي إلى آخر، مثلاً من خراعي خشبية إلى غابات. (succession)

تعريض للإشعاع: أنظر: تشعيع.  
تغظف - يتغظف: يتحول إلى عظم. (ossify)

تعقيم، تطهير: جعل الشيء خالياً من الجراثيم (البكتريا). (sterilization) (أنظر أيضاً: البشرة).

تغير اللون بالصدوء: أنظر: متغير اللون بالصدوء.  
تفاعل (كيميائي): تغير ينتج خصائص المادة الكيميائية أو يُنتج مادة جديدة. (reaction)

تفاعل ماص للحرارة: تفاعل كيميائي تمتص الحرارة خلاله من الوسط المحيط. (endothermic reaction)

تفاعل متسلسل: تفاعل يستمر بتفانياً - كالتفاعل النووي الانشطاري الذي ينتج نيوترونات تُسبب بدورها انشطار ذرات أخرى. (chain reaction)

تفاعل نووي: تفاعل يحصل في نواة الذرة. (nuclear reaction)

تفاعلية، فاعلية: قدرة المادة على الدخول في تفاعل كيميائي. (reactivity)

التفجّي، التكفّف: توسّع الشقوق في الصخر بفعل الهواء المضغوط. (cavitation)

تفريغ، تضريف: تسريع (إطلاق) الطاقة المخزنة أو تحويلها. (discharge)

تفكك - يتفكك: أنظر: انحل.  
تفكك: أنظر: تحلل.

تفكّرة: أنظر: فلورية.  
تقطير: عملية يُغل فيها السائل ويُكثف بخاره. يُستخدم التقطير بفضل السوائل المتشابهة درجة الغليان أو لتفلية السائل بقيمه. (distillation)

التكاثر الجنسي: التوالد الذي يشترط على اتحاد ميثيج (جُرسي) ذكرى وأنثى. (sexual reproduction)

تكاثر لاجنسي: تكاثر بغزو واحد فقط (شائع في النبات والحيوانات الدنيا). (asexual reproduction)

تكاثف، تكثف: تحول الغاز أو البخار إلى سائل. (condensation)

تكافؤ: عدد الروابط الكيميائية التي تستطيع الذرة إجراؤها مع ذرة أخرى. (valency)

التكتونيات اللوحية: دراسة الأشجاف القاري وإمداد قيعان البحار. (plate tectonics)

تكلف: أنظر: تكلف.  
التكسير: عملية قلع الجزيئات (النفطية) الكبيرة إلى آخر أصغر بالأحماض تحت الضغط. (cracking)

التكثف: أنظر: التكثف.  
تكثف: أنظر: اتهاؤ.

تلاصق: أنظر: التصاق.  
تلوث: مادة تُوسّخ أو تُسقم الهواء أو الماء أو التربة والبيئة - كالمخلفات الكيميائية من المصانع مثلاً. (pollution)

تماسك: جاذبية التماسك بين جسيمات المادة نفسها. (cohesion)

التمثيل الضوئي: أنظر: التخليق الضوئي.  
ت م ح: تصميم شعار حاسوبي. (CAD)

تفويه: اللون والغلاش والشكل الذي يساعد الحيوان أو النبات على الاختتار في بيئته. (camouflage)

التفتش الغفري: التوالد أو التكاثر بدون تزاوج. (parthenogenesis)

تناضج، انتضار أوموسي: انتقال الماء غير غشاء يشف لمفيد من محلولي غيض التركيز إلى آخر عالي التركيز. (osmosis)

التنجيم: مبحث شاعر حركات النجوم والكواكب في حياة الإنسان. (astrology)

التنفس: عملية تأخذ بها الكائنات الحية الأكسجين وتستهلكه لإفكك الطعام وتحليله مُنتجة ثاني أكسيد الكربون وطاقة. (respiration)

التنفس الحيواني: نوع من التنفس يتطلب وجود الأكسجين. (aerobic respiration)

تنفس لحيواني، تنفس لامواني: نوع من التنفس لا يتطلب تواجد الأكسجين، وهو يُنتج طاقة أقل من التنفس الحيواني. (anaerobic respiration)

تتهاؤ، تكيف: تغير التغيرات التي تطرأ على النبات أو الحيوان على مدى أجيال عديدة ليصبح أفضل مواءمة للعيش في بيئة معينة. (adaptation)

تواتر: أنظر: تردد.  
توازن، اتزان، تعادل: حالة التوازن فيزيائياً أو كيميائياً. (equilibrium)

توال: أنظر: تعاقل.  
التوالد الجنسي: أنظر: التكاثر الجنسي.

التوتر السطحي: ظاهرة يبدو بها سطح السائل وكأنه ذو غشاء مرئي؛ وسبب ذلك قوى التماسك بين الجزيئات السطحية. (surface tension)

توصيل، نقل: انتقال الحرارة أو الكهرباء غير المادة. (conduction)

توليف: أنظر: تخليق.  
تواز خراي صاج: تيار فوا صاج صاعد في الجو. (thermal)

تيار كهربائي: سريان الإلكترونات أو الأيونات. (electric current)

تيار متردد: أنظر: تيار شتاقب.  
تيار متغليب: تيار كهربائي يتغير اتجاهه بانتظام على تردد مُحدد. (alternating current) (أنظر: المقارنة: تيار مُستقيم).

تيار مُستقيم: تيار كهربائي يسري في اتجاه واحد فقط. (direct current) (قارن: تيار شتاقب).







**ذاتِي الإغذية:** نبات يقوم بصنع غذائه بنفسه في عملية التخليق الضوئي. (autotrophic)  
**ذاكرة قراءة فقط:** أنظر «رم».  
**ذاكرة الوصول العشوائي:** رقائق ذاكرة الحاسوب حيث تُخزن المعلومات وتُستَمدَر - لكن هذه المعلومات تُفقد عند قفل الحاسوب. (RAM)  
**الذائب:** أنظر «الذائب».  
**ذئبية:** أنظر «هيمراز».  
**ذرة:** أصغر جزء من العنصر يدي خصائص ذلك العنصر. تتألف الذرة من نواة، تضم بروتونات ونيوترونات، ويُحيط بها إلكترونات مُدَوَّمة. (atom)  
**ذرة:** أنظر «سفة».  
**ذو اللتين:** نبات زهرى من ذوات الفلقتين. (dicotyledon)  
**ذؤابة، تشبُّب هالي:** سحابة من الغاز والغبار تُحيط بمركز الذئب. (coma)  
**ذوبانية، ذوبانية:** قدرة الذائب (المادة الذائبة) على الذوبان. (solubility)

**رابطة:** التجاذب بين الذرات أو الأيونات الذي يحددها مما في بؤرة أو جزيء. (bond)  
**رابطة أيونية:** ترابطة كيميائية يتم بانتقال إلكترون أو أكثر من ذرة إلى أخرى مما ينتج عنه تكوُّن أيونين متضادين الشحنة يجذب واحدًا الآخر. (ionic bond)  
**رابطة فلزية:** ترابطة بين ذرتي فلزّين، فتدور إلكترونات الفلزّ بحرية حول الذرتين. (metallic bond)  
**رابطة كيميائية:** أنظر «رابطة».  
**رادار:** الكشف وتحديد المدى الراديوي - وسيلة للكشف الأشياء (البعيدة) بإرسال أمواج راديوية والتقاط أصدائها. (radar)  
**راسب، راسبية:** جسيمات جامدة دقيقة في سائل (نتيجة لتفاعل كيميائي) تتبخر في القاع. (precipitate)  
**رائد فضاء:** شخص ذوّب كأحد أفراد طاقم سفينة فضائية. (astronaut)  
**رباط:** رباط فصيل من نسيج غرو (قابل للتمدد) يشدّ العظام والمفاصل معًا. (ligament)  
**زجم، حجر فزقي:** قطعة من الصخر أو المعين الفلزي تدخل جو الأرض وتلتهب دون أن تحترق بالكامل. (meteorite)  
**زحلان كهربائي:** أنظر «إشراق كهربائي».  
**زهيق، مغل:** سائل حلو يوجد في أزهار بعض النباتات. (nectar)  
**زُد فعل:** قوّة تساوي أخرى في المقدار وتضادها في الاتجاه. لكن فعل زُد فعل مساوٍ له في المقدار وتضادها في الاتجاه. (reaction)  
**زُساب:** أنظر «راسب».  
**زطوبة:** كمية بخار الماء في الهواء. (humidity)  
**الرغامى، القصبة الهوائية:** الأنبوب الرئيسي الذي يحمل الهواء إلى (وجز) الرئتين. (trachea)  
**زفع:** قوّة دافع من أسفل إلى أعلى تنتج من فرق سرعة الهواء وضغطه من سطحي الهناجين الفلوي والسفلي في الطائرة. (lift)  
**الرقم الهيدروجيني:** أنظر «الأس الهيدروجيني».  
**رقعي:** تمثيل كميّ بإشارات كهربائية تشير إلى أحد وضعين: قفل أو فتح. (digital) (قارن «نظير».)  
**رغاز:** أنظر «خام».  
**زكام المذبح:** ضخور وانقراض تطلّعا المذبح. (moraine)  
**رم، ذاكرة قراءة فقط:** ذاكرة حاسوبية تخزن المعلومات الدائمة، بحيث يمكن استعادتها ولا يمكن تغييرها. (ROM)  
**زقلم، كائن زقلم:** مُتفَضِّل، كالفطر أو البكتيريا، يعيش على المادة الميتة أو السفة المتفسخة. (saprophyte)  
**زفج:** إشاع ذبذبات الجسم المهتز عندما توافق اهتزازاته مع تردده الطبيعي. (resonance)  
**زويوت:** مكنة حاسوبية تتحكم بعمل تلقائي. (robot)  
**رياء، شرم:** خليج ضيق ينتج من فيضان أو انقياض وادي النهر. (ria)  
**الرياح التجارية:** رياح تهب بانتظام نحو خط الاستواء من الشمال الشرقي والجنوب الشرقي. (trade winds)  
**الرياح الشرقية:** رياح رئيسية تهب من الشرق. (Easterlies)  
**الرياح الغربية:** رياح رئيسية تهب من الغرب. (Westerlies)  
**ربياسة، جسيم ربيعي:** أجسام كروية دقيقة في حيوى (سيبولازم) الخلايا تُصنع فيها البروتينات. (ribosome)  
**ربيع نوامي:** أنظر «زويعة».  
**ربيع موسمي:** ربيع قوي يتغير اتجاهها موسميًا، تحيل معها غطرا غزيرا من البحر إلى مناطق كالهند وبنغلاديش. (monsoon)

**ريوستات، مقاومة متغيرة، ناظم التيلار:** مقاوم يمكن تغيير مقاومته. (rheostat)

**زاوية الانعكاس:** الزاوية التي يكونها الشعاع المنعكس مع الخط العمودي على السطح العاكس. (angle of reflection)  
**زاوية السقوط:** الزاوية التي يكونها شعاع الضوء مع الخط العمودي على السطح الساقط عليه. (angle of incidence)  
**زاوية الورود:** أنظر «زاوية السقوط».  
**زخم:** أنظر «كمية التحرك».  
**زصر:** أنظر «أيسوبر».  
**زفوق:** أنظر «سطوع».  
**زويعة، ربيع نوامي:** عموم هوائى عذوم بشرعة يتحرك فوق اليابسة أو الماء. (whirlwind) (أنظر «عصار».)  
**زوج (ج. زوجن)، شاهد ضحري:** كثة صخرية مُتَفَتِّحة بالحدّ الزبجي على أسفلها الأقل صلابة. (zeuge-pl. zeugen)  
**زفوليت:** مركب طبيعي أو صناعي من سيليكات الألومنيوم المائية والمعادن القوية يُستخدم كمادة حفازة أو كمرشح جزيئات في عملية تسيير الماء الغير مثلاً. (zeolite)

**سابر فضائي:** مركبة فضائية غير مأهولة تُرسَل من الأرض لتقصي النظام الشمسي. (space probe)  
**سائل، تابع، فز:** جزء يدور حول كوكب سنار. هناك توابغ أو أقمار طبيعية (كالقمر مثلاً) وسوائل أو أقمار صناعية (كالشفر الفضائية التي تُوضع في مدارات حول الأرض لتعكس الإشارات الراديوية). (satellite)  
**سانلي:** أنظر «ميدروني».  
**سبات شتوي، كمون شتوي:** نوم عميق أو فترة توقف الانشطة الحركية وضخ الانشطة الحيوية - تمر بها بعض الحيوانات لتجاوز فصل الشتاء. (hibernation)  
**سبات صيفي:** نوم عميق أو توقف عن الحركة شابل لمارش بعض الحيوانات صيفاً - عند اشتداد الحر والجفاف. (aestivation)  
**سبيكة:** أنظر «أشابة».  
**سبيكة لحام:** أنظر «لحام».  
**ستراتوبوز، الفاصل الطبقي:** الحد بين الستراتوسفير (الغلاف الضمّي) والبيروسفير (الغلاف المتوسّف). (stratopause)  
**الستراتوسفير، الغلاف (الجوي) الطبقي:** القسم من الغلاف الجوي بين الستراتوسفير (الغلاف السفلي) والبيروسفير (الغلاف المتوسّف). (stratosphere)  
**سديم، غيمة سديمية:** سحابة من الغبار والغاز في الفضاء. (nebula)  
**سراب:** جدار بصريّ سببه انحناء الضوء عبر طبقات الهواء المتباينة الكثافة. (mirage)  
**سرعة (الاجلعية):** السرعة في انجاء شعير. (velocity)  
**سرعة الإفلات:** السرعة الدنيا التي يجب أن يبلغها الصاروخ الفضائي ليفلت من جاذبية الأرض (11.2 كيلومتر في الثانية). (escape velocity)  
**سطح انسياب رافع:** شكل خاص لجناح الطائرة - سطحه العلوي أكثر تقوساً من السطح السفلي يحدث زفقا خلال تحركه في الهواء. (acrufoil)  
**سطح الشمس الزفر:** فوتوسفير: سطح الشمس المنظور الذي يتخلل منه كل نورها تقريباً. (photosphere)  
**سطح هلاقي:** أنظر «هلاقي».  
**سطوع، فترة ضيائية، زفوق:** كمية الضوء المنبثقة من جسم، كنجم مثلاً. (luminosity)  
**سفة، كروية:** سفة الذبذبة أو ارتفاع الموجة - كموجة صوتية مثلاً. (amplitude)  
**سفة المتف:** أنظر «موسنة».  
**شفر:** أنظر «كاليوري».  
**شفر اللبن:** أنظر «لكتوز».  
**الشفريات:** مجموعة من الكربوهيدرات القلوية الحلوة المذاق. (sugars)  
**سلسلة غذائية:** سلسلة من المتعضيات يفترس واحدًا بالذي يليه. (food chain)  
**السليكا:** ثاني أكسيد السليكون - مركب أبيض أو عديم اللون يتواجد طبيعياً من أنواعه المزو (الكوارتز). (silica)  
**سيلكوز، خليوى:** كربوهيدرات يكون جدران الخلايا النباتية. (cellulose)  
**الشمعيات:** انتقال الصوت داخل قاعة أو حجرة. (acoustics)  
**سنة ضوئية:** مسافة ما يقطعه الضوء في سنة، ويقدرها 9.5 مليون مليون كيلومتر. (light year)

**سفن:** منبت السن وأصله. (alveolus) ويطلق على الحوصلة الرئوية أيضاً.

**شوتار:** ملاحه وشفر صوتي - وسيلة لاكتشاف الأجسام والملاحه تحت الماء بإرسال الأمواج الصوتية وتلقي أصدائها. (sonar)  
**شويداء البؤرة:** أنظر «إندوسكوب».  
**شويداء القل:** أنظر «قل».  
**سيال:** الطبقة السطحية من القشرة الأرضية الغنية بالسليكا والألومنيوم. (sial)  
**سيبولازم:** أنظر «حيوى الخلية».  
**سيرن:** مركز الأبحاث للمنظمة الأوروبية للأبحاث النووية في جنيف. (CERN)  
**سيمومتر، جرافة شبيطة تسجل الاهتزازات الأرضية، كذلك الناتجة عن الزلازل.** (seismometer)  
**سيما:** الطبقة السفلى من الغلاف الصخري الغني بالسليكا والمغنيسيوم. (sima)

**شاردة:** أنظر «أيون».  
**شاردة سلبية:** أنظر «أيون».  
**شاردة موجبة:** أنظر «كاتيون».  
**شاهد ضحري:** أنظر «زوج».  
**شبكة غذائية:** منظومة السلاسل الغذائية في نظام بيئي. (food web)  
**شبة القل:** ظليل (ظل جزئي)، بخاضة حول جبل القمر (أو الأرض) عند الكسوف (أو الخسوف). (penumbra)  
**شبة موصل:** مادة مفارقتها وسط بين الموصل والعازل. (semiconductor)  
**الشبكة الهيولية الباطنة:** منظومة من الأغشية في خلية نكري فوقها التفاعلات الكيميائية. (endoplasmic reticulum)  
**شرم:** أنظر «رياء».  
**شريان:** وعاء دموي يحمل الدم من القلب إلى أجزاء أخرى من الجسم. (artery)  
**شغرية، الخاصصة الشعرية:** حركة السائل ضمنوا أو ذرواً في أنبوب بفعل التجاذب بين جزيئاته وجزيئات الأنبوب. (capillary action) أو «capillarity»  
**شعيري، وعاء شعري:** وعاء دموي دقيق يحمل الدم من الخلايا إليها. (capillary)  
**شف، شفاني:** شبة شفاف يسمح لبعض الضوء بالمرور، لكن لا تزي الأشياء جليةً غيره. (translucent)  
**شفاف:** يسمح بمرور كل الضوء تقريباً بحيث تزي الأشياء غيره بوضوح. (transparent)  
**شغل تاضل أو متاضل:** اشكال متباينة للفضة تليه - مثل الألماس والرافيت كاشكال متاضلة للكربون. (allotrope)  
**شهاب:** أنظر «مؤذ».  
**شواط (شمسي):** كتلة من الغاز المُتَوَفِّج المنطلق من الشمس بعيداً في الفضاء. (prominence)

**صاعدة (كهرلية):** أنظر «أيون».  
**صباغ:** أنظر «صبغ».  
**صبة، قالب مضبوب:** تجويف صخري تشكل حول حيوان أو نبات ثم تجفت فيه المعابر وتصلبت بعد تخلله مكونة أحفورة. (cast)  
**صبغ، صباغ، صبغة:** مادة تلون بها المواد. (dye)  
**صبغ فوسفوري:** صبغ يحتاج إلى فوسفور لتثبيته. (mordant dye)  
**صبغة:** أنظر «صبغ».  
**صبغي:** أنظر «مكروموسوم».  
**صخر مكافئ المقعر:** طبق تشكل بحيث يجمع الأمواج الصوتية أو الكهرومغناطيسية ويركزها. (parabolic dish)  
**صخر إنيسامي:** أنظر «لاكوليت».  
**صخر بُركاني:** أنظر «صخر ناري».  
**صخر تحولي (أو متحول):** صخر تحول في باطن الأرض بفعل الحرارة والضغط الشديدتين. (metamorphic rock)  
**صخر ناري، صخر بُركاني:** صخر تكوّن ببرود للشفارة وتجمدها. (igneous rock)  
**صخور رسوبية:** صخور تتكوّن بترسب مُتات من المادة إلى قاع البحر، أو البحيرة، مؤلفة طبقات تتشعب معاً على مدى الزمن. (sedimentary rocks)  
**صدى:** الصوت يُسمع ثانية بانعكاس موجاته عن جسم صلب. (echo)  
**صدع:** تشقّق أو قلع في القشرة (قشرة الأرض). (fault)  
**الصفر المطلق:** درجة الصفر المطلق هي أدنى درجة حرارة ممكنة = صفر كلفن أو -273.15°س. (absolute zero)  
**صفق - يصفق:** يُفصل مزيجاً من جاييد وسائل بترك الجامد بترسب



بالترويق تم يصب السائل الرايق. (decant)

**صفحة، لوحة (ذموية):** قرصة في الدم غير منتظمة الشكل تطلق حواء كيموية لتخثر الدم. (platelet)

**صمام ثنائي:** أنظر «دايود».

**صمام ثنائي باعث للضوء، دايود ضوء:** صمام ثنائي يمتص الضوء عند مرور تيار كهربائي فيه.

(LED «light-emitting diode»)

**ضهارة:** صخر غصير يظهر سائلي في دثار الأرض وقتربها يبرد لتكون صخرًا ناريًا. (magma)

**ضهرة، مضهر:** نبتة صام تستخدم في الدارات الكهربائية - وهي عبارة عن سلك رفيع ينصب (فيقطع الدارة) إذا تجاوز التيار حداً معيناً. (fuse)

**صوت فوق السمع:** صوت ذو تردد فوق ما تستطيع الأذن البشرية سبته. (ultrasound)

**الصوتيات:** بحث ودراسة الصوت. (acoustics)

**صورة تقليدية:** صورة تتكون حيث يبدو أن الانبعاث الضوئي تلاقى (في ثورة تقليدية)، كالصورة المنعكسة في المرآة. (virtual image) (قارن صورة حقيقية).

**صورة حقيقية:** صورة تتكون في ثورة تلاقى الانبعاث الضوئي فعلاً (ولا يمكن عرضها على شاشة). (real image) (قارن صورة تقليدية).

**صورة ضوئية، صورة مجهرية:** صورة أخذت بالمجهر. (micrograph)

**صورة بالمجهر الإلكتروني:** صورة شجرة جداً لجسم بالمجهر الإلكتروني. (electronmicrograph)

**صيغة:** مجموعة رموز كيمائية تميز تركيب المادة الكيمائية. (formula)

## ض

**ضباب:** أنظر «مختبر».

**ضباب تافقي:** نوع من الضباب الالفني الانتقال يتكون عند مرور جبهة من الهواء الدافئ الرطب فوق سطح البرد. (advection fog)

**ضباب:** مزيج سام من الدخان والضباب. (smog)

**ضباب:** أنظر «جسم ضباب».

**ضديد الإعصار:** منطقة ضغط مرتفع تؤدي غالباً إلى طقس جيد. (anticyclone)

**ضغط:** مقدار القوة المؤثرة على وحدة المساحة. (pressure)

## ط

**طابع الصوت:** أنظر «جرس».

**طاقة:** القدرة على إحداث شغل.

**طاقة التنشيط:** الطاقة اللازمة لبدء تفاعل كيمائي وهي تختلف للفاعلات المختلفة. (activation energy)

**طاقة جيوتيرمية:** طاقة الحرارة الأرضية: طاقة تستخرج لتوليد القدرة من حرارة الصخور في باطن الأرض. (geothermal energy)

**طاقة الحرارة الأرضية:** أنظر «طاقة جيوتيرمية».

**طاقة الحركة:** طاقة الجسم الناجمة عن حركته. (kinetic energy)

**طاقة كامنة:** طاقة مخزنة للاستخدام في وقت لاحق.

(potential energy)

**طاقة الوضع:** الطاقة المخزنة التي يمتلكها الجسم بفضل موضعه أو حالته. (potential energy)

**طبق الشوائب:** هوائي طبق الشكل يلقى الإشارات التي تبثها الشوايل. (satellite dish)

**طبقة الصوت:** أنظر «درجة النغم».

**الطحالب:** نباتات بسيطة لا زهرية تنمو في البرك وسنابع المياه - كلها بخضورية لا سوق ولا جذور حقيقية لها. (algae)

**طرف توصيل، طرف:** نقطة توصيل في إحدى مقومات الدارة الكهربائية. (terminal)

**طلاوة:** أنظر «الكيل».

**طفرة، تحوّل مفاجئ:** تغير عشوائي (يحدث اتفاقاً) في صيغيات (كروموسومات) الخلية. (mutation)

**طفيلي:** متغصن يعيش على متغصن آخر (يسمى العائل) ثلثة أو يقضي عليه. (parasite)

**الطلاة الكهربائي:** تغطية جسم يلزني بطبقة رقيقة من فلز آخر بالكهزة. (electroplating)

**طور، وجه:** أحد الأوجه أو الاشكال الظاهرية للقرن (أو الكوكب السيار) نتيجة لانعكاس نور الشمس عنها أو عن جزء منها. (phase)

**طور:** إحدى الحالات الثلاث التي توجد فيها المادة - للجمودية أو السبولة أو الغازية (البخار). (phase)

**طول موجي:** المسافة بين ذروة موجة وذروة موجة تالية.

(wavelength)

**طية:** ثنية في الطبقات الصخرية. (fold)

**طيف (ج. أطيف):** توزيع خاص متميز للأوج والترددات، كالطيف الكهرومغناطيسي مثلاً. (spectrum)

**طيف كهرومغناطيسي:** المدى الكامل للإشعاع الكهرومغناطيسي - إشعة جاما وإشعة إكس (الأشعة السينية)، والإشعاع فوق البنفسجي والضوء المنظور والأشعة دون الحمراء والأمواج الضعيرة والأمواج اللاسلكية (الراديوية) (electromagnetic spectrum)

## ظ

**ظاهرة البيئات:** ظاهرة احتباس الغازات في جو الأرض (خاصة ثاني أكسيد الكربون) لحرارة كم من البيوت الزجاجية. وتركب تأثير هذه الظاهرة يؤدي إلى النمو العشوائي.

(greenhouse effect)

**الظاهرة الطارئة:** أنظر «قوة طارئة مركزية».

**الظاهرة الكهروضغطية:** إنتاج الكهرباء بتسليط الإجهاد على بعض أنواع البلورات (كالكوارتز أي المزو مثلاً).

(piezoelectric effect)

**الظاهرة الكهروضوئية:** ابتعاث إلكترونات من سطح بعض الأجسام عند تسليط أو وقوع ضوء عليها. (photoelectric effect)

**ظل، شويمة الظل:** الجزء المركزي المقوم من الظل الذي لا يسقط عليه ضوء. (umbra)

## ع

**عادل - تعادل، يتعادل، يُعادل:** يجمع المايض أو القلوي متعادلاً، أي يحميه فلا هو حمضي ولا قلوي. (neutralize)

**عازل:** مادة تقلل أو تمنع سريان الحرارة أو الكهرباء أو الصوت. (insulator)

**عاشب، أكل الغشيب:** حيوان يقتات بالغشيب (أو الفئدة).

(herbivore)

**عاكس التيار:** نبتة تعكس اتجاه التيار الكهربائي (إلى الدينامو). (commutator)

**عاكس الطور، مقوّم عكسي:** نبتة تستخدم لتحويل التيار المستقيم إلى تيار متناوب. (inverter)

**عاكسة الجزم:** أنظر «البياض».

**عامل استحلاب:** أنظر «مستقلب».

**عامل مخفزل:** مادة تثبت الخيزول مادة أخرى (أي تكسبها انهروجين أو تفقدوا الأكسجين). (reducing agent)

**عامل مساعد:** أنظر «حفار».

**عامل مؤكسد:** مادة تثبت أكسدة مادة أخرى. (oxidizing agent)

**عتاد (الحاسوب):** الأجزاء الميكانيكية والإلكترونية من الحاسوب (الكمبيوتر). (hardware)

**عجلة:** أنظر «تسارع».

**عداد جيجر:** جهاز يستخدم للكشف عن أنواع شعيرة من الإشعاع وقياسها. (Geiger counter)

**عدانة:** علم المعادن: دراسة المعادن. (mineralogy)

**العدد الذري:** عدد البروتونات في نواة الذرة المعنية. (atomic number)

**عدسة محدبة:** عدسة مقوسة إلى الخارج (الخز في المركز منها في الأطراف). (convex lens; converging lens)

**عدسة مقعرة:** عدسة مقوسة إلى الداخل (في المركز ارتق منها في الجوانب). (concave lens)

**عرس:** أنظر «مشيخ».

**غرض (جغرافي):** أنظر «خط العرض».

**غشة:** نوبة يشغلها الكائن الحي في نظام بيئي. (niche)

**غصارة:** أنظر «نشح».

**غضبية:** جزء من شبكة «الكبول» الدقيقة التي تعمل الرسائل من الجسم إلى الدماغ ومن الدماغ إلى العضلات. (nerve)

**غضبيون:** خلية عصبية. (neurone)

**غصن بين جليدي:** أنظر «تين جليدي».

**غصن الفضاء:** عصر ريادة الفضاء والبشر في اجوان. (space age)

**غصوة:** جزء متكامل ناتياً من متغصن ذو وظيفة محددة، كالذماغ أو القلب مثلاً. (organ)

**عضوي:** صفة لـ (١) مركب يحوي الكربون. (organic)

(٢) إنتاج الفناء دون استخدام الخصائص الكيمائية. (organic)

**عضي:** جزيئة عضوية متخصصة تؤلف قسماً من الخلية النباتية أو الحيوانية. (organelle)

**الغطالة، القصور الذاتي:** قوة الاستمرار: لزوجة الجسم إلى البقاء في حالة الشكون أو استمرار الحركة في خط مستقيم ما لم تؤثر فيه قوة. (inertia)

**عظم:** نسيج صلب كجزم من الهيكل العظمي للحيوان. (bone)

**غدة عصبية:** مجموعة من الخلايا العصبية ضمن غلاف من النسيج

الضام. (ganglion)

**علم الأرصاد الجوية:** دراسة الطقس. (meteorology)

**علم البيئة:** أنظر «البيئات».

**علم الحياة، البيولوجية:** علم ودراسة الكائنات الحية. (biology)

**علم شكل الأرض:** أنظر «الجيومورفولوجية».

**علم الصخور:** بحث ودراسة الصخور. (petrology)

**علم طبقات الأرض:** أنظر «استراتيغرافية».

**علم الطبيعة:** أنظر «الفيزياء».

**علم الفلك:** علم يدرس النجوم والكواكب والأجرام الأخرى في الفضاء. (astronomy)

**علم الكون:** علم الكونيات: دراسة تركيب الكون ونشأته وأصله. (cosmology)

**علم الكيمياء:** أنظر «كيمياء».

**علم المعادن:** أنظر «عدانة».

**علم الوظائف:** أنظر «الفسيولوجية».

**عملاق أحمر:** نجم في نهاية العمر تضخم ويزد. (red giant)

**عميرة:** أنظر «مستعمرة».

**عناصر موزة:** مواد كايونات النحاس والزنك والمغنيز تحتاجها الكائنات الحية بكميات ضئيلة. (trace elements)

**عنصر:** مادة لا يمكن تفكيكها إلى حواء أبسط بالتفاعلات الكيمائية. (element)

**عنقة:** أنظر «شرج».

**عوالق:** نباتات وحيوانات دقيقة تعيش معلقة عن مقربة من السطح في انياء البحرية والداخلية. (plankton)

**عوالق حيوانية:** الحيوانات الدقيقة (المجهرية غالباً) التي تؤلف جزءاً من العوالق البحرية. (zooplankton)

**عوالق نباتية:** نباتات دقيقة تؤلف جزءاً من الكائنات الحية المعلقة في الماء. (phytoplankton)

## غ

**غاز حيوي:** غاز ينتج من انحلال فضلات النبات أو الحيوان بمعزل عن الهواء. (biogas)

**غدة:** عضو أو مجموعة خلايا تبيع مواد يستخدمها الجسم. (gland)

**غرواني:** مزيج من جسيمات دقيقة لمادة مشككة في مادة أخرى لا تذوب فيها. (colloid)

**غشاء:** جلد رقيق جداً. (membrane)

**غشاء نصف منفذ:** غشاء يسمح بمرور الجزيئات الدقيقة (كجزيئات الشدب) ويمنع مرور الجزيئات الكبيرة (كجزيئات المذاب). (semipermeable membrane)

**غضروف:** نسيج ضام غضروي يؤلف الأجزاء الطرفية من الهيكل العظمي وبعض المفاصل. الهياكل العظمية لبعض الأسماك كالقرش والشفنين غضروفية بأكملها. (cartilage)

**غفل:** دواء تقويهي: مادة غير فعالة تغطي المريض لماربه آثارها بأثار المادة العلاجية. (placebo)

**الغلاف (الجوي):** الخارجي: أنظر «كشوشفير».

**الغلاف الجوي السفلي:** أنظر «التروبوسفير».

**الغلاف الجوي المتأين:** أنظر «الايونوسفير».

**الغلاف الحراري:** أنظر «ثرموسفير».

**الغلاف الحيوي:** النطاق الأرضي والجز حيث تواجد الكائنات الحية. (biosphere)

**الغلاف الصخري:** الطبقة الأرضية التي تشمل القشرة والذثار الطري. (lithosphere)

**الغلاف الطبقي:** أنظر «ستراتوسفير».

**الغلاف اللوني:** طبقة الغازات في جو الشمس التي تسطح بأحمرار. (chromosphere)

**الغلاف المائع:** النطاق اللين من الأثار. (asthenosphere)

**الغلاف المتوسط:** أنظر «ميزوسفير».

**الغلاف المغناطيسي:** المجال المغناطيسي حول نجم أو كوكب. (magnetosphere)

**غلفن:** طلي (الحديد) بالزنك لوقايته من الصدأ. (galvanize)

**غلون:** جسيم داخل البروتونات والنيوترونات، الغلونات تجعل الكواركات تماسك معاً. (gluon)

**غنية سميعة:** أنظر «سديم».

## ف

**فارة الحاسوب:** نبتة تستك باليد تستخدم للتحكم في مؤشر مؤفة الحاسوب. (mouse)

**الفاصل الطبقي:** أنظر «ستراتوبوز».

**فاعلة إشعاعية:** أنظر «إشعاعية».

**فاعلية (كيمائية):** أنظر «تفاعلية».

**فج:** شق أو ثلق في الحجر الجيري توسع بذوبان الصخر تدريجياً في ماء المطر. (grike)











## هـ

**هابطة (كهربية):** أنظر «كاتيون».

**هالة:** أنظر «إكليل».

**هائم الجوزشفي:** جزء الجوز على ارتفاع ٨٠ كيلومتراً عن سطح الأرض، وهو الحد الأعلى للميزوشفير (الغلاف المتوسط).

(mesopause)

**هجرة:** انتقال بعض الحيوانات إلى مواقع أخرى طلباً للبقاء (أو الدفء أو الوساعة أو مكاناً ملائماً للتوالد). (migration)

**هذبة:** هذبة شعيرات دقيقة تغطي سطح الكثير من التفتضيات الصغيرة. (cilium «pl. cilia»)

**هيدروكربون:** مركب كيميائي يتألف من الكربون والهيدروجين فقط. (hydrocarbon)

**هيرتز:** وحدة التردد، ومقدارها دورة واحدة في الثانية. (hertz)

**هرمون، هورمون، حافئ:** رسول كيميائي يدور مع مجرى الدم ويتحكم في وظائف الجسم. معظم الهرمونات تفرزها غدة صماء مباشرة في الدم. (hormone)

**هزل:** أنظر «هذيب».

**هـ ٣، الأسي الهيدروجيني، الزخم الهيدروجيني:** قياس لكمية المحلول أو لونه - نداه من ١ إلى ١٤ (الرقم ٧ يتعادل محايد، ما فوقه قاعدي وما دونه حامضي). (pH)

**هضم:** تحليل الطعام في جهاز الهضم وتفتيت الجزيئات العضوية الكبيرة إلى جزيئات بسيطة يمكن سريانها إلى مجرى الدم. (digestion)

**هلال، سطح هلال:** السطح القلوي المقوس لسان في أنبوب زجاجي. (meniscus)

**هورمون:** أنظر «هرمون».

**هيدرولي، سائل:** يعمل بانتقال الضغط عبر سائل. (hydraulic)

**هيدرومتر، مقياس، مقياس الكثافة السوائل:** جهاز يقيس كثافة السوائل. (hydrometer)

**هيكل خارجي، بشرة:** البشرة الخارجية للكثير من اللافقاريات، كالنحشرات. (exoskeleton)

**هيكل داخلي:** أنظر «هيكل عظمي باطني».

**هيكل (عظمي):** الهيكل العظمي والضروري، في الفقاريات، الذي يدعم الجسم ويحمي أعضائه. (skeleton)

**هيكل عظمي باطني، هيكل داخلي:** الهيكل العظمي الداخلي في الفقاريات. (endoskeleton)

**هيموغلوبين، يحمور:** مركب في كريات الدم الحمراء يحمل الأكسجين إلى مختلف أنسجة الجسم. (haemoglobin)

**هيزول الخلية، سيتوبلازم:** محتويات الخلية باستثناء النواة. (cytoplasm)

## و

**واط:** وحدة القدرة (= جول في الثانية). (watt)

**وجه (القمر):** أنظر «طور (١)».

**وحدة صناعية، وحدة إنتاج صناعي، مصنع:** الأرض والمباني والمكينات المستخدمة لتنفيذ عملية صناعية. (industrial plant)

**وحدة لمعالجة الرئيسية:** دماغ الحاسوب حيث تتم معالجة البيانات. (CPU)

**وحدة مناورة راندية:** رجل كابل التجهيزات الحياتية والحركية يستخدبه الرواد للحركة في الفضاء. (manned manoeuvring unit)

**ورقة البذرة:** أنظر «بذرة».

**وريد (ج. أوردة):** يرقى أو وعاء دموي يحمل الدم من بعض أجزاء الجسم عوداً إلى القلب. (vein)

**وزن، ثقل:** القوة التي تنجذب بها كتلة الجسم نحو مركز الأرض. (weight)

**وسيط كيميائي:** أنظر «محفاز».

**وشيمة:** أنظر «ولف لولبي».

**وعاء شفوي:** أنظر «شفوي».

**وقود أحفوري:** وقود تتكون على مدى ملايين السنين من بقايا الكائنات الحية - مثل الفحم والنفط. (fossil fuel)

## ي

**يحمور:** أنظر «هيموغلوبين».

**يخضور، كلوروفيل:** خضبت أخضر في النباتات الخضراء تمتص الضوء ليوفر الطاقة لعملية التخليق الضوئي. (chlorophyll)

**يزقاتة، يزقات:** المرحلة الثانية من حياة الحشرة بين اليرقة والخادرة أو بين اليرقة والحشرة البالغة (كاليرسوج مثلاً). (larva)

**النصوع الظاهري:** شموع النجم كما يبدو من الأرض. (apparent magnitude)

(قارن «النصوع المطلق».)

**النصوع المطلق:** قياس الشموع (القدرة الضيائية الفعلية) بالنجم. (absolute magnitude)

(قارن «النصوع الظاهري».)

**نخ:** أنظر «نضرب».

**نضج، إدماع (نباتي):** فقد الماء من سطح النبات كسائل لا كبخار. (guttation)

**نطاق الزهو الاستوائي:** منطقة على طول خط الاستواء حيث تتلاقى الرياح التجارية وتشكل منطقة رايكة أو قليلة الرياح. (doldrums)

**نظام بيئي:** منطقة متميزة في الغلاف الحيوي تحوي كائنات حية - مثلاً بحيرة أو غابة. (ecosystem)

**نظام التسمية الثنائية:** نظام تسمية المنطقي باسمين - الأول اسم الجنس والثاني اسم النوع. (binomial system)

**نظام ثنائي:** نظام عددي جسامي يستخدم رقمي الصفر (٠) والواحد (١) فقط. (binary system)

**النظام الشمسي:** الشمس والكواكب التي تدور حولها (مع أقمارها) والأجسام الأخرى في الفضاء التي تتحكم جاذبية الشمس في حركاتها. (solar system)

**نظام الغذاء:** أنظر «نظام ثنائي».

**نظرية الكم:** مفادها أن الضوء وغيره من الإشعاعات الكهرومغناطيسية تتألف من تيار فوتونات يحمل كل منها كمية معينة من الطاقة. (أو تعرف أيضاً بدالة الطاقة). (Quantum theory)

**نظير، متماثل:** ذرة من العنصر نفسه تحوي العدد نفسه من البروتونات لكن عدداً مختلفاً من النيوترونات. (isotope)

(النقص ونظائره تشغل المكان نفسه في الجدول الدوري).

**نظير، متماثل:** متماثل لكتلة بطلانية كهربائية متغيرة. (analogue)

(قارن «زقسي».)

**نفسان:** أنظر «الحركة البراونية».

**نقطة الانصهار:** درجة الحرارة التي يتحول فيها الجليد إلى سائل. (melting point)

**نقطة التجمد:** درجة الحرارة التي عندها تتحول المادة (المعينة) من سائل إلى جليد. (freezing point)

**نقطة الغليان:** درجة الحرارة التي يتحول فيها السائل إلى غاز. (boiling point)

**نقل:** أنظر «نوصيل».

**نواة (١) الجزء المركزي من ذرة يتألف من بروتونات ونيوترونات. (nucleus)**

(٢) جسم يحوي المادة الوراثية في الخلية، يوجد داخل معظم الخلايا في النباتات والحيوانات. (nucleus)

**نواة النواة:** أنظر «نوية».

**نوع:** مجموعة متميزة الشكل من المتعضيات يمكنها التوالد فيما بينها. (species)

**نوية، نواة النواة:** جسم دقيق مستدير كثيف داخل نواة الخلية. (nucleolus)

**النفاريات:** حيوانات لافقارية تهاجم فرائسها بخيوطات لاسعة. (cnidarians)

**نيزك، شهاب:** عبارة من الفضاء تحترق عند دخولها جو الأرض محدثة خراً صوتياً. (meteor)

**نيوترون:** جسيم في نواة الذرة لا يحمل شحنة كهربائية. (neutron)

**نيوتن:** وحدة قوة تُسرع كتلة الكيلوغرام مترًا في الثانية كل ثانية. (newton)

والزيت. (detergent)

**منظمة الارصاد العالمية:** وكالة تابعة لهيئة الأمم المتحدة هدفها توحيد وتنسيق الخدمات الارصادية في العالم (تأسست عام ١٩٥١).

(WMO)

**منعكس:** رد فعل تلقائي إيجابي أو لئوي أو لئوي. (reflex)

**مُؤَب، مُنَوِّب:** مؤاد كهربائي للتيار المتناوب. (alternator)

**مُهَيَّب:** أنظر «كاثود».

**مُؤَاد، مُكَثِّف سَمَوِي:** نسيطة تُستخدم لتخزين الشحنة الكهربائية مؤقتاً. (capacitor)

**مُؤَادَة، سَمْعَة لِكُثْف:** القدرة على تخزين الشحنات الكهربائية. (capacitance)

**موجة زلزالية، موجة زلزالية:** موجة تنتقل عبر الأرض، مصدرها زلزال أو انفجار. (seismic wave)

**موجة ضوئية:** نوع من الإشعاع الكهرومغناطيسي. والأمواج الضوئية هي أمواج راديوية قصيرة جداً. (microwave)

**موجة طولية أو طولانية:** موجة تهتز (تذبذب) فيها جسيمات الوسط في اتجاه مسار الموجة. (longitudinal wave)

**موجة مستعرضة:** موجة تهتز (تذبذب) فيها جسيمات الوسط في اتجاه متعامد مع اتجاه مسار الموجة. (transverse wave)

**مونومر:** جزيء هو الوحدة البنائية لـ بوليمر (بوليمر). (monomer)

**مُؤَزَّة:** أنظر «جينة».

**مُؤَزَّة:** مادة يمكن استخدامها لإنتاج أو عمل شيء مفيد. الزيت والفحم من الموارد الطبيعية. (resource)

**مُؤَشِّر، مُشَوِّر:** كتلة شفافة بخاصة، مثلثة القطع العرضي. (prism)

**مُؤَصِّد:** أنظر «مخترع».

**مُؤَصِّل فائق:** مادة عديمة المقاومة الكهربائية على درجات الحرارة المنخفضة جداً. (superconductor)

**موطن (بيئي):** موطن: الموطن الطبيعي لحيوان أو نبات. (habitat)

**مول، جزيء غرامي:** كمية من المادة تحوي نفس العدد من الذرات أو الجزيئات الذي تحويه كمية ١٢ غراماً من الكربون ١٢. (mole)

**مولد، مؤاد كهربائي:** نسيطة تُحوّل الطاقة الميكانيكية إلى كهرباء. (generator)

**مُؤَلِّف:** آلة تُؤَلِّف أغانياً موسيقية إلكترونية. (synthesizer)

**ميزوشفير، الغلاف المتوسط:** جزء الجو بين ٤٠ و ٨٠ كيلومتراً فوق سطح الأرض. (mesosphere)

**ميكروسكوب:** أنظر «ميكرو».

**ميلي، مُخَافِع:** مادة دهنية لتواجد حوالى الالياف العصبية. (myelin)

## ن

**نابذة:** أنظر «فرازة طارئة».

**نابذ، التتار:** أنظر «ريوستات».

**نبات:** مُنْفَضٍ يحوي الكلوروفيل. (plant)

**نَبَاض كَوْنِي:** أنظر «نَاسَار».

**نضج، إرتشاح:** فقد الماء من النبات بالتبخر (بخاراً من الثغرات). (transpiration)

**نجم:** جرم سماوي يتبعث الطاقة من تفاعلات نووية في جوفه. (star)

**نجم بدائي:** سحابة أو سديم غازي على وشك التحول إلى نجم. (protostar)

**نجم فيفاوي:** نجم ذو دورة نسوع متغيرة. (Cepheid star)

**نجم مُنْجَب:** أنظر «مُذْذِب».

**نُجُوم مُنْجَب:** زوت مُنْجَب. (coprolite)

**النخاع الشوكي:** حزمة أعصاب تمتد من الدماغ عبر العمود الفقري. (spinal cord)

**نخاع:** أنظر «مليين».

**نَسَج، عُصَارَة:** السائل الذي يسري في أجزاء النبات حاملاً الماء والغذاء. (sap)

**نَسَق شَبَكِي يَلُورِي:** نسق نطقي متكرر من الذرات أو الايونات التي تؤلف البلورة. (crystal lattice)

**نسيطة:** متعضيات طليقان أو أكثر تشترك في الجينات نفسها تماماً. (clone)

**نسيج خضبي، خشب:** نسيج وعائي يحمل الماء (والأملاح المعدنية الذاتية فيه) إلى مختلف أجزاء النبات. (xylem)

**نسيج (عضوي):** مجموعة من الخلايا المتشابهة تقوم بوظيفة معينة. (مثلاً النسيج العضلي). (tissue)

**النشأ:** عكوز (بوليمر) كربوهيدراتي يوجد في النباتات، يُؤَلَّفُ جزءاً مهماً من غذاء الإنسان. (starch)

**نشاط إشعاعي:** أنظر «إشعاعية».

**نَشَف - نَشْف:** أنظر «جفف».

**نصف كرة:** خط الاستواء يقسم الأرض إلى نصفي الكرة الشمالي والجنوبي. (hemisphere)





# فهرس

أرقام الصفحات الغامقة تشير إلى الداخل الرئيسية.

1

- الأباتيت ٤٣، ٢٢١
- الإبحار الشراعي ١١٦
- الأبراج الكهربائية ١٦٠
- الإبصار ٢٠٢، ٢٠٤-٢٠٨، ٥٩-٢٥٨
- إبصار بالعينين ٣٥٩
- الإبصار ليلاً ٢٠٥
- الإبصار الشجيم ٢٠٤
- الأبصار ٢٧٢، ٢٤٥
- إبصار ١٠٤
- ابن النفيس ٣٤٩
- أبو شوكة ٣٦٧
- أبو منقار ٣٨٩
- أبواب
- الشراخس ٣١٦
- الطحالب ٣٦٧
- الفطريات ٣١٥
- الأوراق ١٨٦
- أبير - نقولا ٩٣
- الاتحاد الدولي للحفاظ على الطبيعة والموارد الطبيعية ٤٠٠
- الاتصالات
- العبادة ١٦٢-٦٣
- التلفزيونية ١٦٦-٦٧
- الراديوية ١٦٤-٦٥
- الصوتية والصوتية ١٧٧
- الكلامية ١٨٢
- فيزيومات ٣٥١
- أبول ٢٢٤
- الأنثمد، الأنثيون ٣٩
- أجاسيز - لويس ٢٢٩
- اجتماع القبة إشوزون البيئة ٤٠٠
- أجراس الأبواب ١٥٦
- الأجسام المضادة ٢٤٨
- أجنحة
- الخشرات ٣٥٧
- الطائرات ١٢٨
- الطيور ٣٣٢، ٣٥٧
- أجهزة إسقاط ١٩٧، ٢٠٨
- أجهزة الإنذار من النخان ٢٧
- الأجهزة التلغونية ١٤٥، ١٦٢، ١٧٧، ٦٣
- الأجهزة الراديوية البلورية ١٦٤
- الأجهزة الشخيرة ٤٠٥
- الأجوتات ٣٩٤
- أحاديات الفلقة ٣١٨، ٤٢٠
- الأحافير ٢٢٥
- ~ والإنجراف القاري ٢١٥
- ~ وإنسان ما قبل التاريخ ٣٣٦
- ~ والنزاعات ٣٢٨
- ~ والتطور ٢٠٨
- ~ والجيولوجية التاريخية ٢٢٦
- الإحتراق ٤٤، ٦٤ - ٦٥
- الإحتكاك ١٢١
- ~ والكهربائية الشاكنة ١٤٦
- ~ ومقاومة الهواء ١١٩، ١٢١
- ~ والمكانات ١٣٠
- أحفورة آثار أقدام ٢٢٥
- إحمرار السماء ٢٧٢
- الأحوال الجوية ٢٤٨-٢٧١
- أخاديد المثالج ٢٢٨
- الأخاديد المحيطية ٢٣٤، ٢٨٦
- الاختبار الإلتافي ٦٣
- اختبار لائتافي ١٨٥
- اختبارات اللهب ٦٣
- الاختزال ٦٤-٦٥
- اختلاف المنظر ٢٧٨
- الاختبار ٨٠
- ~ الكحولي ٨٠، ٩٣
- الأخدود العظيم (الفراند كانيون) ٢٢٦
- أخدود مارياناس ٢٨٦
- الإخصاب ٢١٨-٢١٩، ٣٦٧
- الأخطبوطات ٣٢٤، ٣٥٧، ٢٦١
- إخفاء الضجيج ١٨١
- الأذربائليين ١٠٤، ١٠٥
- الإدماع، النضج ٢٤١
- الأذقة ٣٥٤
- أذخسون - جورج ٣٩٣
- أذخسون - جوي ٣٩٣
- إدنجتون - الشير آرثر ٢٨٥
- أديسون - توماس
- ~ وتسجيل الأصوات ١٨٨
- ~ والسينما ٢٠٨
- ~ والصنجات الكهربائية ١٩٣
- ~ والكهرباء ١٦٠
- أذنان الخيل ٤٢٠
- الأذنان
- ~ والسقم ١٨٢، ٣٥٨
- واقبات الأذنين ١٨١
- الأرانب ٣٢٤، ٣٦٩
- الأرانب البناغونية ٣٩٣
- أرائس ٢٨٣، ٢٩٢
- إحصائيات عن ٤١٨
- الشواير الفضائية إلى ٢٧٣، ٢٠١، ٢٩٢
- الأربطة ٣٥٣
- الإزيعاش ٢٥٠
- الإرتفاع ٢٥٠
- الأزجل ٣٥٦
- أرجوحة نيوتن ١٣٩
- الأرجون
- ~ في الجدول الدوري ٣٣
- ~ في الهواء ٧٤
- استعمالات ٤٨
- أرخميس ١٢٩، ١٣٠
- الأردواز ٢٢٤
- أزوتات اللاركس ٢١٧
- أرسطو ٢١، ١٢٠، ١٧٧
- الأرض ٣٤٥، ٢٩٣
- الأرض ٢٠٩، ٢٨٧
- ~ ويتكونيات الكتل الصفائحية ١٥-٢١٤
- ~ والخمق العالمي ٢٤٧، ٣٧٢
- ~ والشمس ٢٨٥
- ~ ونشوء الجبال ٢١٨-١٩
- إحصائيات عن ٤١٨
- الأنهار على ٢٢٣
- بخار ومحيطات ٢٣٤-٢٧
- بدايات الحياة على ٢٠٧
- براكين ٢١٦-١٧
- بنية ٢١٢-١١٤، ١١٤
- تجوية وثحات سطح ٢٣٠-٢٢٠
- ٢١
- التراب ٢٢٢
- التفريجات المناخية ٢١٦-٢٤٦
- التلوث على ٢٧٤-٧٥
- جاذبية ١٢٢، ١٢٥
- جدول الأزمنة الجيولوجية و- ٢٢٧، ٤١٤
- الجليد والمثلج على ٢٢٨-٢٩
- جز ٢٤٨، ٢٤٩، ٢٨٧
- حقائق ومعلومات عن ٤١٤-١٥
- ١٥
- درجة حرارة ٢٥١-٥٢
- زشم خرائط ٢٤٠
- الزلازل (الهزات الأرضية) ٢٢٠
- السوائل الأرضية ٢٠٠
- شكل ٢١١
- الصخور والمعادن على ٢٢١-٢٧
- ٢٧
- ضغط الهواء على ٢٥٠
- الغلاف الجوي ٢٧٠-٢
- الفضول الأرضية ٢٤٣
- كتلة ١٢٣
- خجال - البفنطيسي ١١٥، ١٤٥
- ١٥٤، ٢١٢، ٢١٥
- مصادر الطاقة على ١٣٤
- شناخت ٢٤٤، ٢٤٥-٤٥
- نشأة ٢١٠-١١، ٢٧٥، ٢٨٣
- الأرض الجيودنية ٢٨٣
- الإرضاع ٣٦٨
- إرفسون - كاري ٨٦
- الأزق ٢٤١، ٣٦٦
- أركيويتريكس ٢٠٨
- أولمخ - بول ١٠٤
- أرمسترونغ - نيل ٢٠٢
- أريستارخوس ٢٨٧
- أريثيوس - سقانت ٦٩
- الأزبك ٢٤١
- الأزمنة الجيولوجية ٢٢٧، ٤١٤
- الأزهار ٣١٨-١٩، ٤٢٠
- خضب - المرتبة بالضوء فوق البنفسجي ٢٠٥
- أزهار الربيع ٣٦٧
- أساريير (مضون) الجلد ٢٥٤
- الاساريير ٢٤٢، ٣٦٣، ٢٨٠
- الاسافين ١٣١
- الإشبات ٢٨١
- الإشبات الضيفي ٢٨١
- الإشبات، النوم ٣٦١، ٢٨١
- الأسبيرين ١٠٤، ١٠٥
- الإشبتاب ٢٥٠
- إستحلاب ١٠٣
- أستريال
- الإنجراف القاري في ٢١٥
- الجياريات في ٢٢٥
- الرياح في ٢٥٤
- علاجيم القصب في ٢٩٩
- المناخ في ٢٤٥، ٢٦٥
- الإستشراش ٦٢
- الإستشراع ٢٧
- إشقرار قوى التدوير ١٢٤
- الإستقطاب ٢٠٠، ٢٢١
- الإستقلاب، الأيض ٤٢٣، ٤٢٢
- أشئون - فراشيسيس ٦٣
- الاستيلين ٤٤
- أسطوانة مدمجة ٢٩، ١٨٨
- أسطوانة مدمجة ذات ذاكرات
- قراءة فقط في الحواسيب ١٧٣
- الأسفلت ٩٨
- الإسفنجيات ٢٢٠، ٤٢١
- إسقاط مركاتوري ٢٤٠
- الإسقاط والخرائط ٢٤٠
- اسكتلندا ٢١٨، ٢٢٩
- الأشعة النووية ١١٣، ١٢٧
- أسماء
- ~ الكائنات الحية ٢١٠-١١
- ~ الكيمويات ٤٠٤
- الاسماك ٣٢٦-٢٧
- اسماك الأعماق ٢٨٦
- اسماك القارة القطبية الجنوبية ٢٦٨
- الاسماك الخفاشية ٢٢٧
- ~ الزنوية ٢٨١
- ~ الشبيهية ٢٢٧
- ~ الطيارة ٢٢٧
- ~ المضروبة ٢٢٦، ٢٥٧، ٤٢١
- ~ ومقاومة التجهد ٢٦٨
- أشكال - الإنسيابية ١٢١
- البيئة الباطنية في ~ وسواها من ذوات الدم البارد ٢٥٠
- تصنيف ٤٢١
- نعايش ٢٧٩
- تفاضل ٢٦٧
- التنفس في ٢٤٧
- خراشيف ٢٥٤
- حواس ٢٥٩
- الخط الجانبي في ٢٥٨
- الدورة الدموية في ٢٤٩
- سباحة ٢٥٧
- ضيد ٢٨٧
- منازلت - الهوائية ١٢٩
- قدي أعمار ٤٢٢
- هجرة ٢٨١
- الأشعة الكيمائية، الشخصيات
- ~ في الزراعة ٩١
- ~ من الامونيا ٩٠، ٩٦
- ~ من الفسفور ٤٣
- ~ من الفوسفورين ٤٢
- فراط المغنيتات و- ٢٧٢
- إشجار الفاكهة ٧٩
- الإشمتت ١٠٩
- الأسنان الرنوية ٢٤٧
- الأسنان ٢٤٤
- أسنان سمك القرش ٢٢٥، ٢٢٦
- أسنان اللبونات ٢٣٤
- خشو تجاويرف ٨٨
- نخر ٣١٣
- أسهم نارية ٢٥، ٦٣، ١٣٨
- الأسود ٢٩٢، ٢٩٣
- آسيا
- جبال ٢١٨
- الجفاف في ٢٦٥
- شهبوب ~ المعيشية ٢٩٣
- الإشارات الرقمية
- ~ - والأصوات الإلكترونية
- ١٨٩
- ~ وتسجيل الصوت ١٨٨
- ~ والذرات المتكاملة ١٧١
- إشارات نظيرية ١٧١
- الإشارة (الموجة) الغامقة ١٦٤، ١٦٥
- أشباح بركين ٢٦٩
- أشياء الإنسان ٢٣٦
- أشياء الفلزات ٢٩
- الأشجار
- ~ والأزهار ٢١٨
- ~ الصنوبرية ٣١٧
- ~ والغابات المطيرة ٢٩٤-٩٥
- ~ وغابات المناطق المعتدلة ٢٩٦
- ~ في الجفاف ٢٦٥
- ~ في المشتلعات ٢٨٩
- تكون الفحم من ٢٢٨
- حلقات النمو في الشجر ٢٤٦
- خط الشجر ٢٨٤
- الفتح في ٢٤١
- نقر - ٣٦٢
- أشجار الراتنجية (بنيسيا) ٢١٧
- أشجار السور ٢٨٩
- أشجار السنديان (البطوط) ٢٩٦
- أشجار السكط ٣٧٩
- أشجار الصنوبر ٣١٧
- أشجار الكرز ٣١٨، ٢٤٢
- أشرطة الحافظات ١٥٥
- الإشعاع
- ~ وتشعيع الأطعمة ٩٢
- ~ الحراري ١٤٢
- ~ والطاقة النووية ١٣٦
- ~ وعلم الفلك ٢٩٨
- ~ في الكون ٢٧٥
- الإشعاع دون الأحمر
- ~ - والأرض ٢٤٨
- ~ - والشمس ١٤٢، ٢٨٤
- ~ - والطياف الكهرمغنطيسي ١٩٢
- ~ - وعلم الفلك ٢٩٨
- ~ - والكون ٢٧٧
- الإشعاعية ٢٦ - ٢٧
- أشعاع العناكب ٢٢٢



- اشعة الفا ٢٦  
اشعة بيتا ٢٦  
اشعة جاما  
- ~ ~ وعلم الفلك ٢٩٨  
- ~ ~ في الاشعاعية ٢٧، ٢٦  
- ~ ~ في الطيف الكهرمغنطيسي ١٩٢  
- ~ ~ في الكون ٢٧٧  
الاشعة الشمسية (اشعة إكس)  
- ~ ~ والثقوب السوداء ٢٨١  
- ~ ~ وعلم الفلك ٢٧٢، ٢٩٨  
- ~ ~ في الطيف الكهرمغنطيسي ١٩٢  
- ~ ~ في الكون ٢٧٧  
الاشعة فوق البنفسجية  
- ~ ~ والإبصار الخشري ٢٠٥  
- ~ ~ والثقلور ٢٠٠  
- ~ ~ وطيفه الأزورن ٢٧٥  
- ~ ~ وعلم الفلك ٢٩٨، ٢٠٠  
- ~ ~ في الطيف  
الكهرمغنطيسي ١٩٢  
شمس - - - ٢٨٤  
الأشنيات ٢٨٢، ٢٧٥  
الأصباغ ١٠٢  
- ~ ~ الانيليبيتي ٤١، ٩٦  
الأضواء ١٨٤  
الاضلة العاصيرة (الغواء) ٣٢٠، ٢٩٤  
الاصوات المؤلفة ١٨٩  
الاضراس (الطواحن) ٣٤٤  
الاضواء القطبية الشمالية ١٥٤  
٢١٢  
أطباء الاسنان ٨٨  
اطعمة محفوظة في الفل ٦٩  
الاطعمة المخففة ٩٢، ٩٣  
أنظر أيضا الاغذية  
إعادة التدوير ٣٧٦  
- ~ ~ تدوير اللدائن ١٠١  
- ~ ~ تدوير الورق ١٠٨  
- ~ ~ وتوفر المواد والطاقة ١١٢، ٤٠٠  
- ~ ~ في الفلاف الختوي ٢٧٢-٧٣  
الاعاصير ٢٥٨، ٢٥٦  
اعاصير مائية ذوامية ٢٥٩  
الاعاصير المدارية ٢٥٨  
الاعداد  
النظام الثنائي لـ ~ ~ ١٧٢، ٤١١  
الأعداد القسرية ٤١١  
الاعشاب  
تابير - ٣١٨  
هضم البقر لـ ~ ٣٤٥  
الاعشاب (والطحالب) البحرية ٢٨٥  
استعمالات ~ ~ ٣١٦  
- ~ ~ ورصد الطقس الشقيبي ٢٧٢  
- ~ ~ كمغذيات ٩١  
اليود في ~ ~ ٤٦  
أعشاب ونباتات ٢٨٩  
أعشاب الطيور ٢٢٣  
الاعشاب ٣٦٥  
الإغذاء ٣٤٣
- اختيار تعرف - ٤٠٤  
- ~ ~ والاكسدة والاختزال ٦٤-٦٥  
- ~ ~ في الماء ٧٥  
- ~ ~ في الهواء ٧٤  
التخليق الضوئي و- ٦٥، ٢٤٠  
التنفس و- ٧٧  
التنفس الحيواني و- ٢٤٦  
ذرة - ٢٧٢  
الدورة الدموية و- ٢٤٨-٤٩  
الأكسدة ٦٤-٦٥  
إكثوشفير (الفلاف الجوي الخارجي) ٢٤٨  
أكسيد النحاس ٧٣  
أكلات النمل ٢٢٥  
الأكواخ القلبية ٢٤٥  
الآلات البسيطة ١٢١  
الآلات البصرية ١٩٨  
الآلات الموسيقية النحاسية ١٨٧  
آلات النفخ الخشبية ١٨٧  
آلات التفر ١٨٧  
الآلات الوترية ١٨٧  
الاشكا ٢٤٥، ٢٨٢  
الالتصاق ١٢٨  
الدرين - بر ٣٠٢  
أسنة ساحلية زلفية ٢٢٧  
الفيئات الأرجل ٢٢٢، ٤٢١  
الأكوانات ٤٠٦  
إلكتروسكوب ١٤٦  
الإلكترونيات  
- ~ ~ والاكسدة والاختزال ٦٤  
- ~ ~ والترابط الكيميائي ٢٨-٢٩  
- ~ ~ والجدول الدوري ٢٣  
- ~ ~ والذرات ٢٤-٢٥  
- ~ ~ والظاهرة الكهرضوئية ١٩١  
- ~ ~ والكهرباء الساكنة ١٤٦  
- ~ ~ والمادة ١٨  
- ~ ~ والمزجات ٥٩  
الإلكترونيات ١٤٥  
- ~ ~ والروبوبات ١٧٦  
- ~ ~ وشبه الموصلات ٢٩  
الاصوات الإلكترونية ١٨٩  
الحاسبات الإلكترونية ١٧٢  
الحواسيب الإلكترونية ١٧٣-٧٥  
النارات المتكاملة و- ١٧٠-٧١  
الرموز الإلكترونية ٤١١  
المقومات الإلكترونية ١٦٨-٦٩  
الآلكينات ٤٠٦  
آلم، وجع و- ١٠٥، ٢٦٠  
خلطف الالم ١١١  
ألفاس ٤٠، ٢٢١  
الالوان ٢٠٢  
الالوان الأولية ٢٠٢، ٢٠٣  
الالوان الثانوية ٢٠٢  
- ~ ~ واختيارات الذهب ٦٣  
- ~ ~ والاصباغ والخطب ١٠٢  
- ~ ~ ودرجات الحرارة ١٤٠  
- ~ ~ والنشاعات الكيميائية ٥٤  
- ~ ~ والضوء ١٩٣  
- ~ ~ وظلونات الاطعمة ٩٣  
- ~ ~ التلفزيونية ١٦٦، ١٦٧  
- ~ ~ الفوتوغرافية ٢٠٧  
- ~ ~ في المخلوقات الحية ٢٨٠  
إبصار - ١٠٥  
جلاء - ٢٠٢
- شجرة منخبل اللونية ٢٠٢  
خلج - ٢٠٣  
الوراثيات و- ٢٦٥  
الوان الأجواء ٢٠٠، ٢٦٩  
الوان الجلد ٢٥٤  
الوان قوس قزح ٢٦٩  
الوان المزقات ١٠٢  
الوان المعادن ٢٢١  
الالومنيوم ٨٧  
إعادة تدوير - ١١٢  
- ~ ~ في الجدول الدوري ٢٢  
أنودة - ٦٧  
تفاعلية - ٦٦، ٤٠٥  
سياتك - ٢٨  
الآليات ١٠٧  
- ~ ~ الصادة للماء ١٠٧  
- ~ ~ الضوئية ١٦٢، ١٧٧  
- ~ ~ الكربونية ٤٠  
أم القارات ٢١٤-١٥، ٢٢٧  
أم قرفة ٢٢٤  
أمبير - أندريه ماري ١٥٢  
أمبيرات ١٤٨، ١٥٢  
إقنذاء قيعان البخار ٢١٤-١٥  
إمتصاص الصوت ١٨٤-١٨٥  
الإمداد الكهربائي ١٦٠  
الامراض  
- ~ ~ والبكتريا ٢١٢  
- ~ ~ والحفات (الفيرسات) ٢١٢  
- ~ ~ ودفاعات الجسم ٣٥١  
- ~ ~ والمفاقر ١٠٤-٥  
أثرلض الغوز ٢٤٢  
امريكا الجنوبية ٢١٥  
امريكا الشمالية  
- ~ ~ والانجراف القاري ٢١٥  
- ~ ~ والجفاف أو القسط ٢٤٢، ٢٦٥  
- ~ ~ والعصر الجليدي ٢٤٦  
غابات - ~ ~ المغتربة ٢٩٦  
الأشجاء (الأغراس) ٢٦٤-٦٥، ٢٦٧  
الأشقاء ٢٤٥  
الاملاح ٧١، ٧٣  
امواج  
- ~ ~ البخار والمحيطات ٢٢٥  
ال - ~ ~ وتحات خط الساحل ٢٢٦  
- ~ ~ الضوء ١٩١، ١٩٠  
- ~ ~ الطاقة ١٧٨  
- ~ ~ الطيف الكهرمغنطيسي ١٩٢  
اهتزازات ال - ~ ١٢٦  
المعادلة الموجية ٤١٢  
الامواج الراديوية ١٦٤-٦٥، ١٧٧  
الامواج التزلزلية ١٧٨، ٢١٢  
الامواج الصدمية ١٧٩، ١٨١  
أقرن - ~ ١٢٩  
الامواج الضوئية  
- ~ ~ الحاملة للإشارات  
التقونية ١٦٣  
- ~ ~ والطيف الكهرمغنطيسي ١٩٢  
امواج طولانية ١٧٨  
الامواج المستعرضة ١٧٨  
الامونيا ٩٠، ٩٦، ٢٠٧  
الامونيت ٢٢٥  
الاميبية، المتفجرة ٢١٤، ٢٢٨
- الاختراعات ١٥٢  
الانابيب الموسيقية ١٨٦  
الانتخاب الاصطناعي ٣٠٩  
الانتخاب الطبيعي ٣٠٩، ٢٨٠  
إنتشار الغازات ٥٠  
الانقيصاف ٢٦٢، ٢٦٥، ٢٦٧  
إنتقاص (أيض هضمي) ٧٦  
إنتقال (النسخ) في النبات ٢٤١  
الانقيصاف، الإنحد ٢٩  
الانجراف القاري ٢١٤  
شواهد أحفورية على - ~ ٢١٥  
إنجلال النفايات العضوية ٢٧٦  
اندرميديا (المرأة المتسلطة) ٢٧٦-٢٧٧  
اندرونيوس ٢٥٥  
الانديماج  
الانديماج القوي ١٢٦  
- ~ ~ في الشمس ٤٧، ١٢٧، ٢٨٤  
- ~ ~ في النجوم ١٢٧، ٢٧٨، ٢٨٠  
- ~ ~ مصدر للطاقة ١٢٧  
إنداز ضد الشطو ١٥٥  
انزلاق الصدوع الصخرية ٢١٩  
إنزلاقات أرضية ٢٢٢  
الانزياح نحو الأحمر ٢٤٧  
الانزيمات  
- ~ ~ والخفازات ٥٦، ٥٧  
- ~ ~ في الجسم ٧٦، ٧٧  
- ~ ~ وعناحيق الفسيل ٩٥  
- ~ ~ والهضم ٢٤٥  
الانسيما بالعاكولات ٧٩  
الإنسولين ١٠٥، ٢٥١  
الانبطار القوي ١٢٦  
إندام الزرن ١٢٥، ٣٠٢  
إنعراج (أو حبوب) الضوء ١٩١  
الإنعكاس  
- ~ ~ الإنشائي ١٩٤  
- ~ ~ الداخلي ١٩٦  
- ~ ~ المرآوي ١٩٤  
انعكاس الصوت ١٨٤-٨٥  
إنعكاس الضوء ١٩٠، ١٩٤-٩٥  
- ~ ~ وخرج الالوان ٢٠٢  
إنفجور - جان ٢٤٠  
الإنفجار العظيم ١٧، ٣١، ٢٧٥، ٢٩٦  
إنفجارات ٥٥  
ال - ~ ~ وطاقة المتفجرات ١٢٨  
- ~ ~ الامواج الصدمية ١٨١  
- ~ ~ البارود ٦٥  
- ~ ~ المتفجرات ٤٢  
الانقراض ٢٩٥، ٢٩٨-٩٩، ٤٢٥  
الانقيصاف الفيلبي ٢٦٢  
الانقيصاف الموموروفيتيشي ٢١٢  
الانقلاب الحراري ٢٦٣  
الانقليس ١٥١، ٢٢٧  
الانكسار ١٩٠، ١٩٦  
انكسار الضوء ١٩٦، ٤١٣  
الإنكيون ٢٤٣  
آينج - ماري ٢٢٥  
الأنهار ٢٣٣  
قصبات - ٣٨٥  
أنواء ٢٥٦  
الانوار الفلورية ٢٠١



الأنواع ٣٠٥	انتاج - ٩٧	~ والمتاح ٢٤٤	٢٤٩، ٤٧	قدي اعمار - ٤٢٢
~ المنهدة بالانقراض ٢٩٨-٩٩، ٤٢٥	تركيب ~ للجزيئي ٤١	جليد - ٢٦٨	البزك الطبية ٢١٧	مطهرات - ١٠٥
تصنيف - ٣١١، ٣١٠	الإيدز (مُتلازمة القوز المناعي المكتسب) ٢١٢	الضباب التافقي فوق - ٢٦٢	بزك القدي ٢٦٨	البكتيريا المُرَوَّنة ٣٠٧
تطوُّر - ٣٠٩	ايستمان - جورج ٢٠٧	المُورانات المائية في - ٢٥٩	البزمانيات ٣٢٩-٣٢٨	البكتيريا المُفَكِّنة ٣٢٩
أنود (مضغد) ١٦٨، ٦٧	ايشوبار، خط تساوي الضغط ٢٧٠، ٢٥٠	مستوى سطح البحر ٢٤٧	البيئة الداخلية في - ٢٥٠	البكترات ١٣١
أنودة ٦٧	الايشويرات، الشفماكيات ٤١	ملوحة - ٧٣	تصنيف - ٤٢١	بل - الكسندر غراهام ١٦٢، ١٨١
الأنياب ٢٤٤	الأبيض، الإشتيقلاب ٧٦، ٤٢٢	أنظر أيضا المحيطات	قدي اعمار - ٤٢٢	البلاطين ٢٢، ٢٧، ٨٦
الإفترازات، الذبذبات ١٢٦	أبيض بنائي، إستقلاب بنائي ٧٦	البحيرات (بيئيا) ٣٧١، ٣٨٨	برنارد - كلود ٢٥١	البلازما: حالة للمادة ١٨
~ والرئين ١٨٢	الإيكثيوسوزس ٢٢٥	~ القوسية ٢٢٢	البزقيلات ٣٥٧، ٢٨٥	بلازما الدم ٢٤٨
~ والزلازل الأرضية ٢١٢	أيل الأب داود ٤٠٠	المطر الحامضي و - ٧١، ٦٨	البرويلان ٩٧-٩٨	بلاك - جوزيف ٧٤
~ والسَّمع ٣٥٨	أيل الرنة ٢٨٢	البخار ١٤١	البروتينات	بلانك - ماكس ١٩١
~ الصوتية ١٧٨	أيل الرنة (سيتانجا) ٢٨٩	بخار الماء ٢١، ٧٥	~ وللوراثيات ٢٦٤	بلج البحر ٢٢٤
~ الموسيقية ١٨٦، ١٨٧	أينشتين - البرت ١١٨	~ وللرطوبة ٢٥٢	~ وللتغذية ٧٨، ٢٤٢	البلسارات ٢٨١، ٢٩٨
الأوالي الحيوانية (البروتوزوا) ٢١٤	~ والوان للجزء ٢٦٩	~ والسحب ٢٤٩، ٢٦٠-٢٦٣	كبريت - ٤٥	بلوتو ٢٨٢، ٢٩٣
الأوبوسومات ٣٢٥، ٣٧٩، ٣٩٧	~ والحركة البراونية ٥٠	~ والضبب والشيرة	قضم - ٢٤٥	إحصائيات عن - ٤١٨
أوبوسومات غربي أستراليا ٣١٩	~ والطاقة النووية ١٣٧، ١٣٦	والضخان ٢٦٢	بروست - جوزيف لوي ٥٨	إكتشاف - ٢٩٢
الأوتار ٣٥٥	~ ونظريات الضوء ١٩٩، ١٩١	~ في الهواء ٧٥	البروسيميئات ٢٢٦	البليوتوثيوم ٣٢٢، ١٣٦-٣٧
~ الصوتية ١٨٢، ٣٤٧	~ والنظرية النسبية ٣٨١، ٣٨٥	~ وللندي ٢٦٨	بروكن - اشباح - ٢٦٩	البليورات ٣٠
أوتر - نيولولوس ١٤٤	أثر ٤٨، ٢٩٠	بدائيات الثوى (الفونيرا) ٢١١، ٤٢٠	البروم ٤٦، ٥٠	الاملاح البليورية ٧٢
أوج المجموعة البيئية ٣٧١	الايونات	بدايات الحياة ٣٠٧	البرويلاديات ٢٩٤	البنيية الايونية ل - ٢٨
أولجه القمر ٢٨٨	~ في الاملاح ٧٢	بدنوز - جورج ١٤٩	البرونز ٢٨، ٨٨	~ السائلة ٣٠، ١٤٠
الأودية	~ في البلازما ١٨	براج - وليام لورانس ٣٠	بريستلي - جوزيف ٧٤، ٤٤	~ في الكسف الثلجية ٢٦٦
أودية الأنهار ٢٢٣	~ في الكهرباء ١٤٩	براج - وليام هنري ٣٠	البريونات ٢١٢	~ وماء التبلور ٧٥
المثالج الوديانية ٢٢٨	~ في المحاليل ٦٠	بزلادات، ثلجات ٥١، ١٥٥	البزات الفضائية ٢٠٢	المعادن البليورية ٢٢١
الأودية المُفَلَّقة ٢٢٨	~ في البيطفية الكتلية ٦٣	البراغيث ٢٧٩	البزاق ٢٢٤، ٢٥٦	بذات أوي ٢٤٢
الأوراق	أثونات الهيدروكسيد ٧٠	تطوُّر - ٣٠٩	البزور ٣١٧، ٣١٩	البنج ٤٢، ١٠٥
~ والتخليق الضوئي ٢٤٠	الايونوسفير ١٦٥	الطاعون الدثلي و - ٢١٢	البشيرة ٩٢	البندا الاحمر ٣٨٤
~ وحركة النوم ٣٥٦	ب	قفز - ٣٥٦	بشكال - بليز ١٢٨، ١٧٤	البندبات ٣٩٨
~ والنشج ٣٤١		براغيث الماء ٢٢٢	بسيمر - هنري ٨٤	البندول، الرقاص ١٢٦
أوراق الصنوبريات ٢١٧		بزافين ٩٨	البشر	بئزن - روبرت ١٩٢
أوراق كاسية ٢١٨		البراكين ٢١٦-١٧	~ والثلوث ٢٧٤-٧٥	بئزياس - أرنو ٢٧٥
أورانوس ٢٩٢		~ القحت مائية ٢٢٤	~ والحواضر والمدن ٢٩٧	البززين ٤١، ٩٦
الأوردة ٣٤٩		~ وتغير المناخ ٢٤٧	~ والنمو السكاني ٢٧٢، ٤٢٤	البزسليين ١٠٥، ٣١٥
أورسند - هانز كريستيان ١٥٦		~ وتكتونيات الكتل الصفاحية ٢١٤	بيئات - ٣٦٩	البزكرياس ٣٥١
أوريكسترا ١٨٧، ١٨٩		~ والشمس النارية ٢٢٢	تطوُّر - ٣٠٨، ٣٢٦	البنيية الذرية ٢٤-٥
أوروبا		~ على أير ٢٩٠	البفضل ٧٨، ٢٦٢	~ والإشعاعية ٢٦-٧
الجفاف في - ٢٦٥		~ على المزيخ ٢٨٩	البضلات الجديدة ٢٦٦	~ والأكسدة والاختزال ٦٤
«العصر الجليدي الصغير» -		~ والقشرة المحيطية ٢١٠	بصمات الاصابع ٦٢، ٢٥٤	~ والترابط ٢٨-٩، ٥٢، ٥٣
٢٤٦، ٢٤٢		~ والكبريت ٤٥	البط ٢٨٢، ٨٢	~ والجذول الدوري ٢٢-٢
العصر الجليدي في - ٢٤٦		~ ونشوء الجبال ٢١٨	البطارق ٢٨٢	٢-٤٠٢
غابات المناطق المعتدلة في - ٢٩٦		لايا - ١٤٠	البطاريات ١٥٠-١	~ والطاقة النووية ١١٢، ١٣٦
أوروبا (أحد اعمار المشتري) ٢٩٠، ٣٠١		البراكين الانديزيتية ٢١٦	~ الجافة ١٣٩	~ والظاهرة الكهروضوئية ١٩١
الأوزميوم ٢٢		البراكين البارزلية ٢١٧	~ القلوية ٧٠	~ في المركبات ٥٨
الأوزون - طبقة - ٢٤٨		البرامج الحاسوبية ١٧٢، ١٧٤	~ والكهرباء ١٤٨	~ والمطيفية الكتلية ٦٣
~ في الجزء ٤٤		برامجيات الحواسيب ١٧٤	~ البرك الحضي الرصاصي ٦٨	اليواء ٢٣٠، ٢٩٤
أوستنولد - فلهلم ٥٧		براند - هينغ ٢١، ٤٢	خارصين (زنك) - ٣٦	بوابات «أوه» في الدارات المنطقية ١٧١
أول اكسيد الكربون ٢٤		براهي - نيكو ٢٩٦	بطة الغنير ٢٨٢، ٢٨٢	بوابات «لا» في الدارات المنطقية ١٧١
الأولوزو ٢٢٠		براون - روبرت ٥٠	البطليونسات ٢٢٤، ٣٥٥، ٢٨٥	البوتاسيوم ٢٤
الأوليات ٢١٤		برثالي المثل ٧٢	بطن الفوجة ١٨٦	~ واختبار الذهب ٦٢
~ والتخليق الضوئي ٣٤٠		بزج الرياح ٢٥٥	بطنيات الاقدام ٢١٠، ٢٢٤	~ والكهزلة ٦٧
تصنيف - ٣١١، ٤٢٠		بزجشوند (مهلولة أخدودية ضخمة) ٢٢٨	البعام (الشيفانزيات) ٢٣٦، ٢٧٨	تفاغلية - ٦٦، ٤٠٥
قدي اعمار - ٤٢٢		بزخان ٢٢١	البفوض ٢١٤	بور - نيلز ٢٥
أوم - جورج سيمون ١٥٢		البز ٢٥٧، ٢٦٤، ٢٦٧	البفن ٢٨٥	بورت - جونائين ٢٧٧
الأيديات ٢٣٦		البزء، الملاريا ٢١٤	بق الوزق ٢٦٢	بورتل - جوسلين ٢٨١
إيشان ٩٧-٩٨، ٤٠٦		بوزخ شاطيء (شمبولو) ٢٢٧	البقاري الجذرية ٢٩٤	البورون ٢٩
الإيشان الثاني البروم ٩٩		بوزيلفوس - جونز ٤١، ٥٢، ٥٦	البكتريا ٣٠٥، ٣١٢	بوش - كارل ٩٠
إيشانول ٩٩، ٤٠٦		البزق ٢٥٧	الأمراض و - ٢٥١، ٢١٢	البوصلات ١٤٥، ١٥٤
الإيشين		~ وتحولات الطاقة ١٧٧، ١٢٨	~ في قاع البحر ٢٢٤، ٢٨٦	بوفورت - الاميرال الشير
استعمالات - ٩٩، ٤٠٦		~ والتفاعلات الكهربائية ٥٢	~ الكبريتية ٤٥	فرانسيس ٢٥٦
		~ وخبثات البرد ٢٦٧	الخنات (الفيروسات) و - ٣١٢	
		~ والكهربائية الساكنة ١٤٦، ٢٣٥	للخلايا البكتيرية ٢٢٩	
			بورة الفروجين و - ٢٧٢	
			العقاقير و - ١٠٤، ١٠٥	
			البن الرائب و - ٨٠	



- بوفون - جورج لويس ٢٠٨  
البونكتيت ٨٧، ٤٠٧  
البول ٣٥٠  
بولتزمان - لودفيغ ٥٠  
بولشتاين ١٩، ١٠٠، ٤٠٦  
بولنج - لينوس ٢٨  
بوليتلين ١٠٠، ٤٠٦  
بوليشتر، مكنور الإشتر ١٠٧  
البوم ٣٩١  
بوتشي ٢١٦  
البونجو ٢٨٠  
بويل - روبرت ٤٩  
~ واكتشاف الفسفور ٤٣  
~ ونظرية الجوامض ٦٩  
~ ونظرية الصوت ١٧٧  
البيئة  
~ الداخلية في الجسم البشري ٣٥٠-٥١  
~ والانهار والبحيرات ٢٨٨  
~ والتعاش ٣٧٩  
~ والتلوث ٣٧٤-٧٥  
~ والجبال ٣٨٤  
~ والخواضر والمدن ٣٩٧  
~ والسلاسل والشبكات  
الغذائية ٣٧٧  
~ والشهوب الشمسية ٣٩٢-٩٣  
~ والمحاري ٣٩٠-٩١  
~ والغابات المطيرة المدارية ٣٩٤-٩٥  
~ وغابات المنطقة المعتدلة ٣٩٦  
~ والغلاف الحيوي ٣٧٠-٧٢  
~ والفضلات وإعادة تدويرها ٣٧٦  
~ واللون والتمويه ٣٨٠  
~ والمحيطات ٣٨٦-٨٧  
~ ومناطق القطبين والتندرا ٣٨٢-٨٣  
اجتماع القمة لشؤون ~ ٤٠٠  
الحفاظ على ~ الطبيعية ٤٠٠  
حقائق ومعلومات عن ~ ٤٢٤-٢٥  
المجموعات الحيوانية و ~ ٣٧٨  
البياض ٢٥١  
البيانات ١٣٠، ١٨٦  
البيئات ٣٦٩، ٣٧١، ٣٨٨  
بيفوز - أرنوس ٢٤٠  
بيتس - هنري ٢٠٥، ٣٨٠  
بيرد - جون لوجي ١٦٧  
بيردزي كلايس ٩٣  
بيركن - وليم ١٠٢  
البيرومترات ١٤٠  
البيزون ٣٩٣، ٤٠٠  
بيض النعام ٣٢٨  
بيكال - بحيرة ٣٨٨  
بيكربونات الصودا ٦٩، ٧١  
بيكربونات الصوديوم ٩٤  
بيكريل - انطون ٢٦  
بيكون، فرانسيس ٤٩  
البيوتات  
~ أحد مشتقات النفط ٩٨  
~ المستيل ٩٧  
~ للتركيب الجزيئي لـ ٤١  
روابط ~ الإسهامية ٢٩  
بوتر ٢٨
- بيوض (ج. بيضة وبيض)  
ال ~ والتناسل البشري ٣٦٨  
ال ~ والتناسل الجنسي ٣٦٧  
~ الزواحف ٣٣٠، ٣٣١  
~ الضفادع والعلاجيم ٣٢٨  
~ الطيور ٣٣٢، ٣٣٣  
~ وحيدات المسلك ٣٣٥  
~ ليبيضات (بويضات) ٣١٨، ٣٦٥، ٣٦٨، ٣٦٩  
ت  
التأبير، التلقيح ٣١٨-٣١٩، ٣٦٧  
التأبير التهجيني ٣٦٧  
التاريخ  
~ الأحفوري ٢٣٥  
~ والازمنة الجيولوجية ٢٢٧  
~ بالكربون (المضيغ) ٢٧  
~ ناكسد، اكسدة ٦٤-٦٥  
~ مضادات ال - ٩٢، ٦٥  
~ التبخير، التبخير  
~ وتغيرات الحالة ٢٠، ٢١  
~ وتكييف الهواء ١٤١  
~ استعمالات ~ ٦١  
~ التبييض، التقصير ٦٥  
~ التجديد أو التجدد ٣٦٣  
~ التفتيف ٦١  
~ التجدد  
~ تجدد الاطعمة ٩٢، ٩٣  
~ والجليد ٧٥  
~ تغيرات الحالة و ~ ٢٠  
~ التغيرية ٢٣٠-٣١، ٢٢٢  
~ تجوية طبيعية ٢٣٠  
~ التجوية الكيميائية ٢٣٠  
~ التحدث ٢٣٠-٣١  
~ الانهار و ~ ٢٢٣، ٢٢٨  
~ خط الساحل و ~ ٢٢٦  
~ الصخور الرسوبية و ~ ٢٢٣  
~ المتاح و ~ ٢٢٨  
~ تحدث رؤوس البر ٢٢٦  
~ التغيرية ٢٢٢  
~ التحرك والانتقال ٢٥٦  
~ التحريك بالصوت ١٨٣  
~ تحلل، تفكك، تفكك  
ال ~ وإعادة التدوير ٣٧٢، ٣٩٣  
~ تحلية، إزالة الملوحة ٨٢  
~ التحليل الكمي ٦٢  
~ التحليل الكيميائي ٦٢-٦٣  
~ التحليل النوعي ٦٢  
~ التحول ٢٦٢  
~ الشخص من التغيرات ١١٢، ٣٧٦  
~ تخليق الجزيئات ٥٩  
~ التخليق الضوئي ٤٩، ٧٤، ٣٤٠  
~ ~ وتحولات الطاقة ١٢٨  
~ ~ والنيخضور ٢٥  
~ ~ والأكسدة والإختزال في ~ ١٥  
~ فضلات ~ ~ ٣٥٠  
~ تدابير وقائية  
~ ضد الحوامض ٦٩  
~ ضد القلويات ٧٠  
~ ~ في صناعة الكيماويات ٨٢  
~ التداخل الضوئي ٢٠٢، ١٩١  
~ التدوير - قوى الدوران و ~ ١٢٤  
~ الترابط الكيميائي ٢٨-٢٩، ٥٢
- الترانسفورمات  
~ والإلكترونيات ١٦٨-٦٩  
~ راديو ترانسستور ١٦٤-٦٥، ١٦٨  
~ ترايمون وبريد ٢٩٣  
~ التزب ٧٢، ٢٣٢، ٢٩٥  
~ التربة الفوقية ٢٢٢  
~ زحف التربة ٢٢٢  
~ التربينات  
~ البخارية ١٤٤  
~ في مخططات القدرة ١٦٠  
~ الكهرمائية ١٢٤  
~ الهوائية بقدرة الرياح ٢٥٥  
~ ترجيعات الصدى ١٨٤  
~ التردد  
~ والامواج الصوتية ١٨٠  
~ والإهتزازات ١٢٦  
~ الموسيقى ١٨٧، ٤١٢  
~ تردد فوق العالي ١٦٦  
~ الترشيح ٦١  
~ التركيز وسرعة التفاعل ٥٥  
~ الترموستات ١٤١  
~ الترموستات، الغلاف الحراري ٢٩٨، ٢٤٨  
~ الترمومتر ذوات النسيجات  
~ المخضلة والجافة ٢٧٢  
~ الترمومتر (موازين الحرارة)  
~ الرصد الجوي و ~ ٢٥١، ٢٧٢  
~ التروس ١٢١  
~ تريشكوفا - فالنتينا ٢٠٢  
~ تريفيك - ريتشارد ١٤٤  
~ التزاوج ٢٦٧  
~ التزاوج ١٩  
~ التنازع ١١٩  
~ تناسل القطر ٢٦٤  
~ التسمي، التصعد، التصعيد ٢٠  
~ التسجيل الصوتي ١٥٥، ١٨٨  
~ التسجيل الصوتي النظيري ١٨٨  
~ التسجيلات الشريطية ١٥٥، ١٨٨  
~ تسجيلات الفيديو ١٦٦، ٢٠٦  
٢٠٨  
~ تشلا - بولا ١٦٠  
~ تشونامي (الامواج المتنامية)  
٢٣٥  
~ تينولوكوسكي - مسطنطين ٢٩٩  
~ للتشبع اللوني (الطونية) ٢٠٢  
~ تشميع الطعام ٩٢  
~ تشكيل  
~ الزجاج ١١٠  
~ اللدائن ١٠١  
~ تشين - ارنست ١٠٥  
~ التضخم ٢٤٧، ٢٩١  
~ التضخم ٢٢٢  
~ التصعد، التسمي ٢٠  
~ التصفيق ٦١  
~ تصميم انسيابي، مشق ١٢١  
~ تصميم شعاع حاسوبيا ١٧٥  
~ تصنيف اللدائن بالتشكيل الخواني ١٠١  
~ تصنيف الكائنات الحية ٣١٠-١١١، ٤٢٠-٢١  
~ التصوير الفوتوغرافي ٢٠٦-٧  
~ ~ الجوي ٢٤٠  
~ ~ السينمائي ٢٠٨
- ~ ~ والصور الفوتوغرافية  
١٩٩  
~ ~ وعلم الفلك ٢٧٢، ٢٩٧  
~ تصويل خامات النحاس ٨٦  
~ تضمين الامواج الراديوية ١٦٤  
~ تضمين التردد (إف إم) ١٦٤  
~ تضمين سفوي (إي إم) ١٦٤، ١٦٨  
~ التطور ٣٠٨-٩  
~ النمو و ~ ٢٦٢-٦٣  
~ ~ المتقارب ٢٩٠  
~ ~ والوراثيات ٢٦٤  
~ تظهير الأفلام ٢٠٧  
~ تغاير الوجه ٢٥٦  
~ التعادل ٧١  
~ تعاقب الأنظمة البيئية ٢٧١  
~ التعاش ٢٧٩  
~ تعدين الفحم ٢٢٨  
~ التفريق  
~ والرطوبة ٢٥٢  
~ ~ والغدد الغرقية ٢٥٤  
~ فقد الحرارة ب ~ ١٤١، ٣٥٠  
~ فقد الملح ب ~ ٧٢  
~ التعريض الفوتوغرافي ٤١٢  
~ التظلم ٢٦١  
~ التغذية ٣٤٢  
~ شوء - ٢٤٢  
~ تغير طبيعي ٤٩  
~ التغير الكيميائي ٤٩  
~ تغيرات الحالة ٢٠، ٢١  
~ تفاعل إزاحة ٦٦  
~ التفاعلات ٤٩  
~ تفاعلات الاكسدة والإختزال ٦٤-٦٥  
~ ~ والخفارات ٥٦-٥٧  
~ ~ الفكوسة ٥٤  
~ ~ الكيميائية ٥٢  
~ تفاعلات ماصة للحرارة ٥٢  
~ تفاعلات مطلقة للحرارة ٥٢  
~ ~ والنظرية الحركية ٥٠  
~ توصيف - ٥٢  
~ حقائق ومعلومات عن ~ ٤٠٤-٥  
~ سرعة ~ ٥٥  
~ تفكك، تحلل، انحلال ٢٧٢، ٢٩٢  
~ تفكك الجزيئات ٥٩  
~ التفكك ٢٠٠  
~ تفكك (رابع فلور الايثين المتفكك)  
٤٦  
~ التفكك ٢٧٢، ٢٨٢  
~ ~ (التبويض) ٦٥  
~ التفكك ٦١  
~ التفكك التجزيئي ٧٤، ٩٨، ٩٠  
~ التفكك الحيوية ٩٢  
~ تكاثر، تناسل  
ال ~ وبيانات الحياة ٢٠٧  
ال ~ البشري ٣٦٨  
~ ~ البكتريا ٣١٣  
~ ~ لاجنسي ٣٦٦  
~ للتكاثر  
~ وتغيرات الحالة ٢٠-٢١  
~ ~ والاضباب الشبورة والضخان ٢٦٢  
~ ~ ٢٦٢  
~ ~ السحب و ~ ٢٦٢
- ~ ~ والصور الفوتوغرافية  
٢٦٨  
~ تكافؤ ٢٨، ٥٢  
~ التكافؤ الحيوي ٣٧٩  
~ تكبير الصور الفوتوغرافية ٢٠٧  
~ التكتونيات اللوحية، تكتونيات  
الكتل الصفاحية ٢١٤-١٥  
٢٢٤، ٢١٨  
~ تكسير النفط ٥٧، ٩٩، ٤٠٦  
~ تكون الارض ٢١٠  
~ تكييف الهواء ١٤١  
~ تليسكوب أرسبيو الراديوي ٢٩٧  
~ تليسكوب جبل سمرووريكي ١٩٨  
~ تليسكوب جبل ويلسون ١٩٨  
~ تليسكوب بك ١٩٨  
~ تليسكوب جبل العاكس ١٩٨  
~ التليسكوبات (المقاريب) ١٩٨  
~ ~ الشفعية ٢٨٤  
~ ~ على الارض ٢٩٧  
~ ~ في علم الفلك ٢٧٢، ٢٩٦  
~ ~ في الفضاء ٢٩٨  
~ مرآة ~ ١١١، ١٩٥، ١٩٨  
~ التليسكوبات العاكسة ١٩٨، ٢٩٧  
~ التليسكوبات الكاسرة ١٩٨، ٢٩٧  
~ تلعة المتاح ٢٢٨  
~ التلغرافية ١٦٢، ١٦٤  
~ التلغزيون ١٦٦-٦٧  
~ التلغزيون ٣٠٠، ١٦٦  
~ الصور التلغزيونية ٢٠٨  
~ التلقيح، التأبير ٢١٨-١٩، ٣٦٧  
~ التلوث ٢٧٢، ٢٧٤-٧٥، ٤٢٤  
~ إعادة التدوير و ~ ٢٧٦  
~ ~ والاشعاعية ٢٧٢، ٢٨٢  
~ ~ بالرصاص ٢٧٢  
~ ~ بالضخان ٢٦٣  
~ ~ بالمطر الحامضي ٦٨، ٦٩، ٧١  
~ ~ الصناعي ١١٢  
~ ~ ومحطات القدرة ٦٤  
~ تلوث المحيطات ٢٨٧  
~ تلوث المياه ١١٢  
~ تلوث الهواء ٧٤، ١١٢، ٢٤٩  
~ التلوثية (التشبع اللوني) ٢٠٢  
~ تماشك ١٢٨  
~ التماسيع ٢٣١، ٢٤٤  
~ التماسيع الامريكية ٢٣١، ٢٨٩  
~ تماسيع الهند ٢٣١  
~ تمبولو (بزرخ شاطئي) ٢٣٧  
~ التفكك ٥٠  
~ التفكك ٣٥٦  
~ تمليجات النهر ٢٣٢  
~ التلوي ٣٨٥  
~ التناسل (أنظر التكاثر)  
~ التناسل الجنسي ٢٦٤-٦٥، ٣٦٧  
~ التناضح ٢٤١  
~ تنانين كمور ٢٣٠  
~ التنن بالاحوال الجوية ٢٧٠-١  
~ التنجستن ٢٢  
~ كبريد ~ ٨٨  
~ التندرا ٢٨٢-٨٣  
~ أنظر أيضا مناطق التندرا  
~ التنفس ٦٥، ٣٤٧  
~ ~ الخلوي ٣٤٦  
~ ~ في الجسم البشري ٧٦، ٧٧  
~ التنفس الحيواني ٧٧، ٢٤٦  
~ تنفس لا حيواني ٧٧، ٢٤٦



- التنقية الكهربائية ٦٧  
التأثيرات ٢٢١  
توازن ١١٧  
~ التفاعلات ٥٤  
~ قوى الدوران والتدوير ١٢٤  
~ مستقر ١٢٤  
توافق ١٨٦  
التوافقات ١٨٦  
التوازن ٢٢١، ٢٠  
توت الأرض (الفريز) ٣٦٦  
التوتر السطحي ١٢٨، ١٩  
التوتر ٢٦٧، ٢٢٩  
تور (وحدة ضغط) ١٢٧  
تورينج - ألان ١٧٥  
توريشلي - إيفانجيليسا ١٢٧  
التوصيل ١٤٢  
توكاماك ١٢٧  
تومبوغ - كلايد ٢٩٢  
تويجيات (نقالات) ٢١٨  
تيار الخليج ٢٢٥  
التيار الكهربائي ١٤٨ - ٤٩  
التيار المتناوب ١٥٩، ١٦٠  
التيار المستمر ١٥٩، ١٦٠  
تيارات الحمل (الحراري) ١٤٢، ٢٥٥، ٢٦٠، ٢٦٢  
التيارات الدائرية ٢٢٥  
التيارات المحيطية ٢٣٥، ٢٤٤  
التياران النفاثان (النافوريان) ٢٥٤  
ثبات ٢٩١  
الثباتيوم ٣٢، ٣٧  
الثبتينك ١٨٥، ٢٦٢  
تيتانيا ٢٩٢  
الثفا الفريضة الوزق ٢٨٨  
الثقوبات (الاعاصير المدارية) ٢٥٨  
تيدال - جون ٢٦٩  
ث
- ثالث فوسفات الاديوسين (أ ت ب) ٤٣-٢٤٦  
ثاني أكسيد الكبريت  
تلوث الهواء ب ~ ~ ~ ٤٥  
٢٢١  
حامض الكبريتيك من ~ ~ ~ ٨٩  
ثاني أكسيد الكربون ٤٠  
إختيار تعرف ~ ~ ~ ٤٠٤  
~ ~ ~ والتخليق الضوئي ٦٥  
٢٤٠  
~ ~ ~ الجليدي ٢٠  
~ ~ ~ وظاهرة الدفنيات ٤٠  
٢٧٢، ٢٤٧  
~ ~ ~ والغابات المطيرة ٣٩٥  
~ ~ ~ في الهواء ٧٤  
~ ~ ~ والمطر الحمضي ٢٣١  
~ ~ ~ والوقد الأحفورية ١٢٥  
دورة الكربون و ~ ~ ٢٧٢  
ثاني أكسيد النتروجين ٥٤  
ثاني فوسفات الاديوسين (أ ب) ٤٣، ٤٢  
الثريا ٢٨٠  
الثعالب ٢٧٩، ٢٩٧
- ثقلب الفلك ١٤٢، ٢٩٠  
الثعلب القمي ٢٩٠  
ثعلب الماء ٢٨٨، ٤٠٠  
ثقاب - عيدان الك - ٢٢، ٥٢  
ثقوب سوداء ٢٨١  
ثلاجات، برادات ٥١، ١٥١  
الثلج ٢٦٦، ٤١٦  
~ وتكون المطر ٢٦٤، ٢٦٥  
~ والجليد ٢٢٨  
خط - ٢٨٤  
ثنائية المعين - شريحة ~ ~ ١٤١  
تور (إله الرعد) ٢٥٧  
الثورة الصناعية ٧٤، ٢٣٨  
ثبات التو ٢٨١، ٢٩٢  
ثيران القيت ٢٨٤  
ثيران المسك ٢٨٢  
ج
- الجاذبية ١١٥، ١٧٧  
~ الأرضية ١٢٢، ١٢٥  
~ وانعدام الوزن ٢٠٢  
~ وشرعة الإفلات ٢٩٩  
~ والشرعة الانتهاية ١١٩  
~ الصغرية ٢٠٤  
~ والطاقة الكامنة ١٢٢  
~ في النظام الشمسي ٢٨٢  
~ والمخزات ٢٧٥، ٢٧٦  
~ والنجوم ٢٨٠  
~ والنظرية النسبية ٢٨١  
ضغط الهواء بفعل ~ ٢٥٠  
جاسيرا - كويكب ٢٩٤  
جاكار - جوزيف ١٧٤  
جالي - جوهان ٢٩٢  
جاليات (مستقرات) الطيور ٢٧٨  
جامامو - جورج ٢٧٥  
جانسين - رُخاريس ٢٣٨  
جانيميد ٢٩٠  
جاولد - جوزفون ١٩٩  
الجنال (البينيات) ٢٨٤  
~ والطقس ٢٤٩  
~ والهيارات الثلجية ٢٦٦  
~ كائظمة بينية ٢٧١  
درجات الحرارة في ~ ٢٥١  
ضغط الهواء على ~ ١٢٧، ٢٥٠  
كميات المطر في ~ ٢٦٤  
قناع ~ ٢٤٤  
نشوء ~ ٢١٠، ٢١٤، ٢١٨-١٩  
جبال الألب ٢٥٤، ٢٨٤  
جبال الانديز ٢٥٤، ٢٨٤  
جبال الجليد ٢٢٨-٢٢٩، ٢٦٢  
جبال الروكينز ٢٨٤  
~ ~ ~ وظل المطر ٢٦٥  
جبال الطي ٢١٨-١٩٩  
الجبال الكتلية ٢١٨  
الجبال الميحادية ٢٢٠  
جبال الهمالايا ٢١٨، ٢٨٤  
جبال النورال ٢١٨  
الجيس ٧٢  
بلورات ~ ٢٠  
~ ومقياس موفر ٢٢١، ٤١٥  
جبل أوليفس ٢٨٩  
جبل بيناثوبو ٢٤٧
- جبل فوجي ٢١٧  
جبل فيزوف ٢١٦  
جبل القديسة هيلانة ٢١٦  
~ كينيا ٢٨٤  
جبل واي إيلالي ٢٦٤، ٤١٦  
الجبن ٨٠، ٩٢، ٢١٥  
الجبهات الباردة ٢٥٢، ٢٧٠  
الجبهات الدافئة ٢٥٢، ٢٧٠  
جبهات مرتجة ٢٥٢، ٢٧٠  
الجبهات المناخية ٢٥٢، ٢٧٠  
الجئون، الشق ٢٢٧  
جبيئات النخسور ٢٢٩، ٢٤٠  
الجذات الغرائبية ٢٢٢  
جدار الصوت ١٧٧، ١٧٩  
الجدول الدوري ٢٢-٢٣، ٤٠-٢٠  
الجرايات ٢٢٥، ٤٢١  
الجرايم أنظر اليكثريا: والكلمات  
جراحة ليزرية ١٩٩  
الجردان القنطرة ٢٩٠  
الجرف (الصخور الشاقفة) ٢١٤  
الجرف الشاطئي ٢٢٧  
جرف صخرية ٢٢١  
الجرمانيوم ٢٢  
جرينلند  
الاعطية الجليدية في ~ ٢٢٩، ٢٤٦  
الثلج في ~ ٢٦٦  
مثالج ~ ٢٢٨  
الجذر - المد و - ٢٢٥  
جذر الشعب المرجانية ٢٢٤  
الجزع ١٣١  
الجزيئات ٢٤  
تكسير ~ الكبيرة بالخفر ٥٧  
غذ ~ ٥٢  
~ وانتقال الحرارة ١٤٢  
~ ودرجة الحرارة ١٤٠، ١٤١  
~ والزوايا الإسهامية ٢٩  
~ في المحاليل ٦٠  
~ في المكثرات ٤١، ١٠٠  
~ والنظرية الحركية ٥٠  
جسر مضيق تاكوما ١٢٦  
الجنس البشري  
الانحصاب في ~ ~ ٢٦٠  
إغتهاء ~ ~ ٢٤٢  
بدائل ~ ~ الاصطناعية ١١١  
البيئة الداخلية في ~ ~ ٢٥٠-٥١  
التنفس الخلوي في ~ ~ ٢٤٦  
التنفس في ~ ~ ٢٤٧  
~ ~ ~ وانعدام الوزن ٢٠٢  
~ ~ ~ والتناقل ٢٦٨  
~ ~ ~ والحركة ٢٥٦  
~ ~ ~ والطب ١٠٤-٥٠  
خواس ~ ~ ٢٥٨-٥٩  
الدورة الدموية في ~ ~ ٢٤٩  
الغضلات في ~ ~ ٢٥٥  
كيمياء ~ ~ ٧٦-٧٧  
المختوى المائي في ~ ~ ٧٥  
نقو ~ ~ وتطور ٢٦٢-٦٣  
~ الجزر الحرارية ٢٤٤  
الجشور ١١٧، ١٤١  
~ العتية ١١٧  
~ القنطرة ١١٧  
جشور متلفة ١١٧
- الجسيمات ٢١٧  
جسيمات الجوامد ١٨  
جسيمات السوائل ١٨  
جسيمات الغازات ١٨  
~ دون الذرية ١٧، ٢٤-٢٥، ١١٢  
~ والرياح الشمسية ٢١٢  
~ والضوء ١٩٠، ١٩١  
~ ونظرية التصادم ٥٥  
~ والنظرية الحركية ٥٠  
مسارعات ~ ٢٥، ١٢٧  
الجسيمات المشحونة ٢١٢  
جبل الجراج ٢٥٩  
الجفور ٢٩٤  
الجفاف ٢٦٥  
الاسماك الزئبوية ~ ٢٨١  
فترة ~ الأطول ٤١٦  
دورات ~ ٢٤٤  
جلاء اللؤلؤ ٢٠٢  
جلاباجوس - جزر ٢٠٩، ٢٢٠  
جلاشو - شلن ١١٥  
جلبرت - وليام ١٤٥، ٢١٢  
الجلد ٢٢٠، ٢٥٤  
للجلد ٢٢٦  
الجليد ٢٢٨، ٢٢٩-٢٢٨  
~ وتغيرات الحالة ٢١  
~ وتكون المطر ٢٦٤  
~ وخصائص التمدد ٢٦٧  
~ ودرجة الحرارة ١٤٠  
~ والشعب ٢٦٠  
~ والصقيع ٢٦٨  
~ والكشف الثلجية ٢٦٦  
~ والمناطق القطبية ٢٨٢  
~ والمذنبات ٢٩٥  
الجليد الجاف ٢٠  
جليش - جيس ٢٤٩  
الجنال ٢٤٢، ٢٩٠  
الجشمة، الجف ٢٢٦، ٢٥٢  
جمع القوى ومعضلاتها ١١٦  
الجلة القصبية  
البيئة الداخلية في ~ ~ ٢٥٠  
الذماغ و - ~ ٢٦١  
الغضلات و - ~ ٢٥٥  
جملة الغذاء ٢٥١  
جملة اللغوية ٢٥١  
الجنادب  
آنان ~ ٢٥٨  
اعصاب ~ ٢٦٠  
~ والنخول ٢٦٢  
~ والنمو ٢٨٠  
صرب ~ ١٨٢  
الجبنات الكريوزوتية ٢٩١  
جندوانا ٢١٥  
جمر - إدوارد ١٠٥  
الجنس ٢١٠  
الجنس البشري ٢٢٦  
الجنين ٢٦٨  
جفارة الصوت والضجيج ١٨١  
أنظر أيضا الصوت  
الجو ٢٤٨-٩، ٢٨٧  
جو الزهرة ٢٨٦  
جو المشتري ٢٩٠  
~ والاشعاع ٢٩٨  
~ والجبهات ٢٥٢
- ~ وطبقة الأوزون ٤٤، ٤٦  
~ وظاهرة الدفنيات ٤٠، ٢٧٢  
تلوث ~ ٢٤٩  
رطوبة ~ ٢٥٢  
الرياح و ~ ٢٥٤-٦٠  
الغيوم في ~ ٢٦٠-٦٣  
أنظر أيضا الهواء  
الجوامد ١٨-١٩  
انتقال الحرارة في ~ ١٤٢  
تغيرات حالة ~ ٢٠  
سرعة الصوت في ~ ١٧٩  
كثافة ~ ٢٢  
النظرية الحركية في ~ ٥٠  
جوامد غير تآوية ٦٠  
جودول - جين ٢٧٨  
الجوزة الصخرية ٢٢١  
جول - جيمس ١٢٢  
للجول ١٢٢  
جوليت - فريدريك ٢٦  
جوليت كوري - أيرين ٢٦  
جي لوساك - جوزيف لويس ٥١  
الجيتارات الكهربائية ١٨٩  
الجيير ٧٠، ٧١  
الجيوشكوبات ١٢٥  
الجينات ٢٦٤-٦٥، ٢٦٧  
الجيولوجية ٢٠٩  
الجيولوجية التاريخية ٢٢٦-٢٧  
الجيوفيزيولوجية ٢٠٩  
أنظر أيضا الصخور
- ج
- الحاجز المرجاني العظيم ٢٨٧  
حار الدم ٢٢٢، ٢٥٠، ٤٢٢  
الحاسبات ١١٥، ١٧٢، ١٩١  
الحاسبات الفكرة ١٧٠، ١٧٥  
حاسة الشم ٢٥٩  
حاسوب (أنظر حواسيب)  
الحاكي الفونوغراف ١٨٨  
حامض، حمض (أنظر حوامض)  
~ الإيثانويك ٩٩  
~ الهيدروفيك ٢٤٦  
~ الجلوتاميك ٢٠٧  
~ الخليك ٦٨، ٧٢  
~ الكبريتيك ٤٥، ٦٨-٦٩، ٧٢، ٨٩  
~ الكربوليك ٩٦، ١٠٥  
~ اللين ٧٧، ٢٤٦  
~ الفريك ٦٨، ٩٠  
الك - النووي الزبيبي (ر ن ا) ٢١٢  
~ التخليك ٦٨  
~ الهيدروكلوريك ٦٨-٦٩، ٧٦  
الخبار (السبيج) ٢٢٤  
جير ~ ١٠٢  
سباحة ~ ٢٥٧  
الخبليات ٤٢١  
حت الرياح ٢٢٠-٢١  
الخباب الحاجز ٢٤٧  
الحجر الجيري (الكلسي) ٧٠، ٧٢  
تحات ~ ~ ٢٢٢، ٢٢١  
تنشؤ ~ ~ ٢٢٢  
~ وبلاط الرصف ٢٢١  
~ والجيولوجية التاريخية



- ٢٢٦ ~ ~ والرُخام ٢٢٤  
~ ~ في صناعة الحديد ٨٤  
الخجر الرُّخمي ٢٢٦، ٢٢٣، ٢١٩  
الخجر الكِلَسي الفخاري ٢٢٢  
خجر المغنطيس ١٤٥  
حجرات مُظلمة لتطهير وطبع  
الاقلام الفوتوغرافية ٢٠٧  
حجرة الفُقاعات ١٧  
الخُجْم ٢٢  
حدائق الحيوانات ٢٩٩  
عنقَة الفُين ٢٠٤  
الحديد  
استخدامات ~ ٤٠٧  
استخراج ~ بالصهر ٨٤  
اكتشاف ~ ٨١، ٦٦، ٢١  
تفاعلية ~ ٤٠٥  
~ والفولاذ ٨٥-٨٤  
~ في الكائنات الحية ٣٦  
~ والمغنطيسية ١٥٤  
صدًا ~ ٦٤، ٤٤  
مُزَكَّبات ~ ٥٨  
الحرائق  
الأكسجين و~ ٤٤  
مُكافحة ~ ٧١، ٦٤  
نظرية اللاهوب و~ ٦٤  
الحرارة ١٤٠-٤١  
إنتقال ~ ١٤٢  
بقاء ~ ١١٢  
~ والتفاعلات الكيميائية ٥٢  
~ والمُؤصلية ٢٢  
«الجُزُر الحرارية» ٢٤٤  
الشغل و~ ١٣٢  
الحرارة الكامنة ١٤١  
حراشف السمك ٣٥٤  
الحرياء (ج. الحرامي) ٢٠٣  
الخُرُشفيَّات ٣٣٠  
الفزكة ١٢٠  
~ والإمميزات ١٢٦  
~ الدائرية ١٢٥  
~ الدائمة ١٣٩  
طاقة ~ ١٣٢  
الفزكة البراونية ٥٠  
مُزَكَّة وتُنقل الحيوانات ٣٥٦-٥٧  
الحريير الصناعي (الرايون) ٨٩، ١٠٧  
الخضر (قصر البصر) ٢٠٤  
الخضرات ٢٢٢  
الاجزاء الفُتوية في ~ ٣٤٤  
الأجهزة العصبية في ~ ٣٦٠  
أحافير ~ ٢٢٥  
أصوات ~ ١٨٣  
أغني ~ ٢٠٥  
تُحوَّل ~ ٣٦٣  
تصنيف ~ ٤٢١  
التنفُّس في ~ ٣٤٧  
~ وتأثير الأزهار ٣١٩، ٣١٨  
خواس ~ ٣٥٩  
طيران ~ ٣٥٧  
الهياكل الخارجية في ~ ٣٥٢  
الخصى ٢٣٧، ٢٣٠  
خصى ثلاثية الفُرن ٢٣٠  
الحضادة الذَّراسة ١٢٠  
جصان برزولسكي ٤٠٠
- ٢٢٧  
حُضباء ٢٢٣، ٢٢٧  
الحُقارَات ٥٦-٥٧  
~ في تكسير النُقط ٩٩  
~ في اللُصوقات ١٠٦  
حُقارَات الخلايا الوقودية ٥٦  
الحُقَاط على البيئة الطبيعية ٤٠٠  
خُفر، قُومات  
ال ~ الترجمة ٢٩٥  
جُفُط الأُطعمة ٧٩، ٩٣  
خُلقَات رُخَل ٢٩١  
الخلوي ٢٢١  
الحليب (اللبن) - بَشْترة ~ ٩٢  
تحضير الخُبْز من ~ ٩٢  
~ واللُّبونات ٢٣٤-٢٣٥، ٣٦٨  
الخصات (الفُيروسات) ١٠٥، ٣١٢  
~ والأمراض ٣١٢  
خُفات الخلا ٣١٢  
الخُفات (البنابيع الحارّة) ١٨، ٢١٧  
~ والذَّلوات الطباشيرية ٣٥  
~ والطاقة الحرارية الأرضية ١٣٤  
خُفات الماء والبُخار ٢١٧  
الخُناق ٣١٢  
الخُناقِيَّات ٢١٢  
خُفة مُستيفساء الخُراس ٣١٢  
الخُطر البَريَّة ٢٨٤  
خُطر الرُّزْد ٣٩٢، ٣٩٣  
الخُطل (الحارري) ١٤٢  
خُطل، خُبل ٣٦٨  
فُترات ال ~ ٤٢٢  
جُمُلاج الأكسجين والاستيلين ٤٤  
الخُفُ العالمِي ٢٤٧، ٢٧٢  
عميرُ القُبان ٣٩٦  
خُواري ذُبابية الصُّخور ٣٧٥  
الحراس ٢٢، ٣٥٨-٥٩  
الخُواسيب ١٧٣-٧٤  
الاتصالات البُعادية و~ ١٦٢  
استخدام ~ ١٤٥، ١٧٥  
الأصوات الإلكترونية و~ ١٨٩  
أُفراص ~ ١٧٢، ١٧٤  
تُعرَّف الكلمات بـ ~ ١٨٣  
تنبؤ الأحوال الجوية بـ ~ ٢٧١  
الدارات المتكاملة في ~ ١٧٠  
الروبوطات و~ ١٧٦  
~ والحاسبات ١٧٢  
~ وعلم الفلك ٢٩٦  
الحواضِر (أُنظر القُدُن)  
القُواة ١٢١  
الحوامض ٦٨-٦٩  
~ والأملاح ٧٢  
~ والقواعد ٧٠  
~ وقياس الحمضية ٧٢  
الحوامض الأمينية ٣٠٧، ٣٤٥  
الحوت الأبيض ٢٨٢  
الخُوتِيَّات ٣٢٤  
الخُويصلات الخُيطية ٣٢٠  
الحياة على الأرض ٢٨٧  
مُافية الحياة ٣٠٦  
أُنظر أيضًا الحيوانات؛ والكائنات الحية؛ والنباتات  
الحية، الأُفامي ٣٢، ٣٥٩  
خُيات التَّلوي الجانبِي ٣٥٦، ٣٩٠  
الحيتان ٢٨١-٢٨٢، ٢٨٧-٨٧
- ٤٠٠  
الحيوانات  
الإبصار في ~ ٢٠٢  
أدمغة ~ ٣٦١  
الأسنان والفُكَّان في ~ ٢٤٤  
أصوات ~ ١٨٣  
أعصاب ~ ٣٦٠  
أعين ~ ٢٠٤-٢٠٥  
الولن ~ والتَّغويه ٢٨٠  
إنقراض ~ ٢٩٨-٢٩٩، ٤٢٥  
البيئة الداخلية في ~ ٢٥٠-٥١  
تُحوَّل وانتقال ~ ٢٥٦-٥٧  
تربية ~ ٩١  
تصنيف ~ ٣١٠-١١، ٤٢١  
تُطوَّر ~ ٣٠٨  
التَّغذية في ~ ٢٤٢  
التنازل الجنسي في ~ ٣٦٧  
تَنفُّس ~ ٢٤٧  
جُماعات ~ ٣٧٨  
حواس ~ ٢٥٨-٥٩  
~ ودورات الفلاف الخيوي ٢٧٢-٢٧٣  
~ ودورة الكربون ٤١  
~ في الخواضر والمُثل ٢٩٧  
~ في الصحاري ٢٩٠  
~ في القابات المطيرة ٣٩٤-٩٥  
~ في مُمِيمات الحياة البرية ٤٠٠  
~ المنجحة ٢٩٢  
ذُورة الأكسجين و~ ٤٤  
ذُورة النتروجين و~ ٤٢  
شُبَّات ~ الشقوي ٢٨١  
الشُطح في ~ ١٨٢، ١٨٣  
العُشرة والتعايش في ~ ٣٧٩  
غُضلات ~ ٣٥٥  
فُترات الخُطل في ~ ٤٢٢  
غُذَى أُمُمار ~ ٤٢٢  
مُفَدَّل الاستقلاب في ~ ٤٢٢  
المُناخ و~ ١٤٢  
تُتَوَّر وتُطوَّر ~ ٢٦٢-٦٣  
جُفرة ~ ٢٨١، ٤٢٥  
هياكل ~ الدائمة ٢٥٢-٥٣  
الوراثيات في ~ ٢٦٤-٦٥  
حيوانات القُطعان ٢٤٣  
الحيوانات اللبيلة النشاط ٢٩١  
أُنظر أيضًا اللُّبونات  
خُيومات ٢٧٠
- خ  
للخارصين، الرُّنك  
تفاعلية ~ ٤٠٥  
~ والطلاء الكهربائي ١٤٩  
~ في البطاريات ٢٦  
المُلفَّنة بـ ~ ٦٦  
خارطة بيثُز ٢٤٠  
الخاصة الشعرية ١٢٨  
خام كبريتيدي ٨٦  
خامات الترونا ٩٤  
خامات الحديد ٨٤، ٢٢١  
خامس أكسيد الفاناديوم ٨٩  
خافق الكرسنة، الكُشوت ٢٧٩  
الخَبَث ٨٤  
الخُبز ٨٠، ٩٢  
الخُح ٢٢٢، ٢٢٨، ٢٨٩
- خُثَرَات اللُثم ٢٤٨  
الخُذَع البَصَرية ٢٠٤  
خُرَانُط ٢٠٩، ٢٤٠  
خُرَانُط الإسقاط الأسطوانِي ٢٤٠  
خُرَانُط الإسقاط الشُعبي ٢٤٠  
خُرَانُط الإسقاط المُخروطِي ٢٤٠  
~ الطقس ٢٥٠، ٢٥٣، ٢٧٠، ٤١٦  
~ النُجوم ٢٨٢  
الخُرَانُطِيَّات ٢٤٠  
الخُرَاطِين (ديدان الأرض) ٣٢١، ٣٥٢  
~ ٢٦٠، ٣٥٢  
خُرَاف البُخر ٢٨٩  
خُرَانات ٨٣  
الخُرُفِيَّات ١٠٩  
الخُصُوف والكُصُوف ٢٠١، ٢٨٥  
الخُشَب ١٠٨، ٤٠٧  
خُشْبِين، لُجُنِين ١٠٨، ٣٥٢  
الخُشُخاش ٢١٨  
خُشيف ٢٢٨  
الخُشُيبان ٢٦٨  
الخُشُب ١٠٢  
~ ولون الجُلد ٢٠٣، ٢٥٤  
خُطَّ الإشتواء  
~ والتَّيارات المُحيطية ٢٢٥  
~ = والمُناخ ٢٤٤  
ذُرجات الحرارة و~ ~ ٢٥١  
شُكل الأرض حُول ~ ~ ٢١١  
تُطَق الرُّهو الاستوائي ٢٥٤  
خُطَّ بِلُغشُول ٤٠٨  
~ تساوي الضُغط ٢٥٠، ٢٧٠  
الخُطَّ الجانبِي في الأسماك ٢٥٨  
خُطَّ الطُول ٤١٤  
خُطَّ القُرض ٤١٤  
الخُطاطيف ٢٩٧  
خُطُوط الإقتصاص في لطيف  
النُجوم ٢٧٨  
خُطُوط الأنابيب ٨٢  
خُطُوط السَّاحل ٢٢٦-٢٧، ٢٢٧  
خُطُوط قُراونهُوفِر ١٩٢  
الخُفَاقِش ٢٢٤  
تُطوَّر ~ ٢٠٨  
صُرب ~ ١٨٣  
مُبيت ~ ٢٩٧  
الخُل ٦٩  
خُلايا  
التنفُّس الخلوي ٢٤٦  
~ الأوَّلِيَّات ٢١٤  
~ المَبَكِّريَّات ٢١٢  
~ التنازل الجنسي ٢٦٧، ٢٦٨  
~ اللُثم ٢٤٨  
~ الدُماغ ٣٦١  
~ الكائنات الحية ٢٢٧، ٣٢٨-٣٢٨  
٣٩  
ال ~ الكهربائية ١٥٠-٥١  
ال ~ الوراثية ٢٦٤-٦٥  
نُموُّ ال ~ ٢٦٢-٦٣، ٢٦٥  
خُلايا أكسيد الرُّثيق ١٥٠  
للخلايا للجافة ١٥٠-١  
الخلايا الحيوانية ٢٢٧، ٢٢٨  
الخلايا الشُعبيَّة ٢٩، ١٣٤  
١٥١  
الخلايا الصُّغفانية ٢٦٥  
خُلايا فُردَانِيَّة (أحادية
- الصُّغفانيَّات) ٢٦٥  
الخلايا القُطائِيَّة الصُّغفانية (الشُعبيَّة) ١٣٤، ١٥١  
خُلايا كَهْرصُوتِيَّة ١٩١  
خُلايا النُّحاء الداخلي ٢٤١  
خُلايا النُّسِج الخُشْبِي ٢٤١  
خُلايا النُّيكل والكاثُيوم ١٥٠  
الخُلاجان الإقْجِيبيَّة (الفُيُورِدات) ٢٢٦  
خُلد الماء البُطي الوُفَّار ٢٣٥  
خُليَّة (انظر خلايا)  
خُليَّة كهربائيَّة من لُيمونة حَامِيَّة ١٥١  
الخُمانر ٢١٥  
الاختِمار بـ ~ ٨٠، ٩٣  
تُكاثِر ~ ٢٦٦  
خُنازير الهُند ٢٩٢  
الخُنافِيس ٣١١، ٣٥٢  
~ القاذِفة ٢٢٢  
خُوافِت المصابيح الكهربائيَّة ١٥٢  
الخُوطان القُطرية ٣١٥  
الخُيار ٢١٨  
الخُياشيم ٢٢٧، ٢٤٧، ٢٤٩  
الخُيل ٢٠٨، ٤٠٠  
الخُيماء ١٧، ٦٠  
٤  
الداء السُّكري ١٠٥  
دائرة البُروج ٢٨٢  
الدائِث الكُسالي ٣٩٤  
داچير - لويس ٢٠٧  
الدَّارِثات ٧٢  
دَارَات التَّوَارِي ١٥٢، ١٥٣  
دَارَات التَّوَالِي ١٥٢، ١٥٣  
الدَّارَات الكهربائيَّة ١٥٢-٥٣  
~ ~ المُتَكاملة ١٧٠-٧١  
~ ~ المُغْنطيسيَّة ١٥٥  
لُوحات ~ ~ ١٤٩، ١٧٠  
مُصاهِر أو قُواطع ~ ~ ١٦١  
الدَّارَات المُتَكاملة ١٧٠-٧١  
~ ~ في الحاسبات ١٧٢  
~ ~ في الحواسيب ١٧٢  
الدَّارَات المُنطَقيَّة ١٧١  
داروين - تشارلز ٣٠٩، ٣٦٩  
ذاتون - جون ٢٤، ٥٢  
الدَّابِودات ١٦٨-٦٩  
الدَّابِودات الصُّوامة ١٥١، ١٦٩  
١٩٢  
ذُبَال ٢٢٢، ٢٧٦  
الدَّيَّة  
~ والإشعابات الشُعوي ٢٨١  
~ والتَّغذية ٢٤٢  
~ القُطبيَّة ٢٨٢، ٤٠٠  
الدُّنارُ الأرضِي ٢١٢  
يُكَتُونِيَّات البُكُتِل الصُّغفانيَّة  
و~ ~ ٢١٤  
الصُّخور البُركانيَّة و~ ~ ٢٢٢  
النُّطُوق الحارَّة في ~ ~ ٢١٧  
الدُّراجَات  
إِحْتِكَال ~ ١٢١  
دِيناُفُوات ~ ١٥٩  
مُناخ ~ ١٩، ٥١  
ذُرب الثَّانة ٢٧٤-٧٧، ٢٨٠







السحب الطبقيّة المرئية ٢٦٦  
٢٦٤  
سحبد، قشيمة ٢٦٨  
سند أسوان ٢٨٨  
السند ٢٧٦، ٢٧٤  
السندور ٢٨٨  
سديم السرطان ٢٨١، ٢٩٧، ٢٩٨  
السراب ١٩٦، ٢٦٩  
السرائس ٣١٦، ٤٢٠  
السرائسل الشجرية ٣١٦  
السرطان - داء ٢٧، ١٠٥  
السرطانات (السلطعونات) ٢٢٢  
سم - ٢٤٨  
- الشاطئية ٢٨٥  
- الناسكة ٢٧٩  
الشقائق البحرية و- ٢٧٩  
محار - ٣٥٢  
برقانات - ٢٦٢  
السرعة ١١٨  
- والشرائع ١١٩  
سرعة الاسماك ٣٢٦  
سرعة الافلات ٢٩٩  
سرعة الريح ٢٥٦  
سرعة الصوت ١٧٩  
سرعة الضوء ١٩٠-٩١، ٢٧٤  
- نسبية ١١٨  
سرعة (اتجاهية) ١١٨، ١١٩  
السرعة النهائية ١١٩  
الشذوغة (فرس النسي) ٢٢٢  
السرمانات  
دورة حياة - ٢٢٢، ٢٦٢  
يوقانات - ٢٤٤، ٢٨٨  
الشطوح الانسيابية الرافعة ١٢٨، ٢٥٧  
شطوح العروق ٢٢٢  
الشطوح المائلة ١٣١  
الشعادين ٢٢٦  
رعيق - ١٨٣  
- في الغابات المطيرة ٢٩٤، ٢٩٥  
سعة  
- الامواج للصوتية ١٨٠، ١٨١  
- الذبذبات ١٢٦  
الشفلة (الأورانغوتان) ٢٢٦، ٢٩٥  
الشغل، شوء التغذية ٣٤٢  
الشغل  
- وخط بلشبول ٤٠٨  
شغل تنبؤات الاحوال الجوية ٢٧١  
شونار - ١٨٥  
الشغل الهوائية ٤٧  
سقاطات الاثواب الكهرومغناطيسية ١٥٦  
الشغل الشغل ٢٧  
الشكرات ٢٣، ٢٠، ٧٩  
الشك الحديدية أنظر القطار  
الشكوية ٢١٧  
سلاجف المياه العذبة ٢٣١  
السلاسل الغنائية ٣٧٧  
الشغب بداية - ٢٩٢  
- في الانهار ٢٨٨  
- في المحيطات ٢٨٦  
الشلال الموسيقية ١٨٧  
السلام - عبد ١١٥

السحقيات ٢٣١، ٢٨٥  
سلسلة التفاعلية ١٠٥، ٤٠٥  
سلفيوس - أنذوز ١٤٠  
السلطعون (السرطان) ٢٢٢  
سلفم ديسيل ١٨١  
السلعون العرقط (الترونة) ٢٢٧، ٢٨٨  
السليكا  
- في الصخور البركانية ٢٢٢  
- في قشرة الارض ٢١٠  
- في هياكل المشطورات ٢٥٢  
السليكون ٢٩  
سليكات - ٢٩  
- في الجدول الدوري ٢٢، ٢٢  
- في شبة الموصلات ١٤٩  
السليولوز ٢٢٩، ٢٤٥، ٢٥٢  
السليولويد ١٠٠  
السماء - رقة - ٢٠٠، ٢٦٩  
- عند الغيب ٢٦٩  
- وزشد الطقس ٢٧٢  
سماء كظهر الإسقمري ٢٦١  
أنظر أيضا الجوز  
سماد ٩١  
السمادر ٢٢٨، ٢٢٩  
السمادر البكسيكية (اجزولوتل) ٢٢٨، ٢٢٩  
السمادر ٢٢٨، ٢٢٩  
سمابل الآلم ٢٢٩  
سمانات النخل الإفريقية ٢٢٢  
السماء، الميسم ٢١٩  
الشفع ١٨١-٨٢، ٢٥٨  
الشفعات ١٨٤  
شفك أبو شمس ٢٨٦  
شفك الزئكة ٢٨٧  
(شفك) الشغل (اللياء) ٢٢٦  
شفك الكراكي ٢٤٢  
شفكة الشك (الزيمورا) ٢٧٩  
(أنظر الاسماك)  
شغوم الاطعمة ٧٩، ٢٧٧  
الشفكة (لأجنة الشكر) ٢٢٢  
الشفجاب ٢٦٤، ٢٩٦  
الشفة  
طول - ٢١١  
الشفون الضوئية ٢٧٤  
سنتيفراد ٤٠٨  
سنل - فلبورود ١٩٦  
الشفوب الفرجية الطبيعية  
(البينيات) ٢٧١، ٢٩٢-٩٣  
- الالية ٢٨٤  
الشفوب الشفوية (الشفيس) ٢٩٢  
شهل فيضيه ٢٢٢  
الشفول المتضخمة ٢٦٥  
سوء التغذية (الشغل) ٢٤٢  
للسوائل ١٨-١٩  
انتقال الحرارة في - ١٤٢  
التوتر الشلحي ل- ١٢٨  
سرعة الصوت في - ١٧٩  
- وتغيرات الحالة ٢٠-٢١  
ضغط - ١٢٧  
ضغط - الهيدرولي ١٩  
المحاليل السائلة ٦٠  
فزيجات - ٥٩  
النظرية الحركية في - ٥٠  
- للأفروجة ٥٩

~ المروجة ٥٩  
السواير الفضائية ٢٧٢، ٣٠١  
~ إلى أورلونس ٢٩٢، ٣٠١  
~ إلى زحل ٢٩١، ٣٠١  
~ إلى الزهرة ٣٠١  
~ إلى الشمس ٢٨٥، ٣٠١  
~ إلى عطارد ٣٠١  
~ إلى القمر ٣٠١  
~ إلى الكويكبات ٢٩٤  
~ إلى مذنب هالي ٢٩٥، ٣٠١  
~ إلى المريخ ١٧٦، ٣٠١  
~ إلى المشتري ٢٩٠، ٣٠١  
~ إلى نبتون ٢٩٢، ٣٠١  
~ فايكنغ ١٧٦، ٢٨٩، ٣٠١  
~ فوياجر ٢٧٢، ٣٠١  
~ غارنر ٢٨٦، ٣٠١  
سواير لونا الفضائية ٣٠١  
السواير والاسماء الكيميائية ٤٠٤  
السواير ٣٠٠  
~ والاتصالات البعادية ١٦٢، ١٦٣  
~ التلفزيونية ١٦٦، ٣٠٠  
~ وللجاذبية ١١٥  
~ ورسم خرائط الارض ٢٤٠  
سواير الاتصالات ١٦٤، ١٦٥  
سواير التنبؤ بالاحوال الجوية ٢٧٠، ٢٧١  
سواير زشد الطقس ٢٥٨، ٣٠٠  
مواد صنع - ١١١  
الشوق العذبة (الأرد) ٢٦٦  
الشونار ١٨٥  
الشوياء ٢٦٢  
شوياء الظل ٢٠١  
السيارات  
بطاريات - ١٥١  
تسارع - ١١٩  
الروبوطات و- ١٧٦  
شرعات - ١١٨  
شوق - في الضباب ٢٦٢  
~ ذات المحولات المخفزة ٥٧  
~ العاملة بالبطاريات ١٥١  
~ العاملة بالهدروجين ٤٧  
محرركات - ١٤٢، ١٤٣  
مرايا الشوق ١٩٥  
مسافات توقف - ١١٩  
معاير الوقود في - ١٥٧  
مكابح - ١٩، ١٢٨  
السيال (السليكا والالومنيوم) ٢١٠  
السيار ١٨٦  
سيراك ٢٢٨  
السيويلازم ٢٢٨  
سميروس ٢٩٤  
السميرمومترا ٢٢٠  
السميريوم ٢٤  
سيلانكت - سمكة ال - ٢٣٤  
السيما (السليكا والمغنسيوم) ٢١٠  
السينما ٢٠٨  
ش  
شانون - إدولر ٢٢٨

شادوف أرخميدس ١٢١  
شادويك - جيمس ٢٥  
شاذونيه - الكونت هيلار ١٠٧  
شارون ٢٩٣  
شاشات الحواسيب ١٧٢  
شاطيء، ساحل (أنظر شواطيء)  
شالتر - جورج ٢٩٩  
الشامبو ٩٥  
شبتال - جان أنطوان ٨٩  
الشبكات الخليوية في الهواتف  
النقولة ١٦٢  
الشبكات الغذائية ٣٧٧  
شبكة توزيع الإمداد الكهربائي  
١٦٠  
الشبكة القولية الباطنة ٢٢٨  
شبكة الغين ٢٠٤، ٢٠٥  
شبه الظل ٢٠١  
شبه الموصلات ٢٩، ١٤٩  
الترانستورات و- ١٦٩  
الذرات المتكاملة و- ١٧٠  
الليازر و- ١٩٩  
الشبورة ٢٦٠، ٢٦٣  
الشبكات ١٨  
~ البلورية ٢٨، ٣٠  
الشطاء ٢١١  
شمال - جورج ٦٤  
شجر الثوب (الشوح) ٢١٧  
الشجر العريض الورق ٢٩٦  
شجرة تحليل اللونية ٢٠٢  
الشحوم والصابون والشظفات ٩٥  
شرايح ثنائية المعدن ١٤١  
الشرايف ٢٢٨  
الشرائق ٢٦٢  
الشرايين ٢٤٩  
الشراشوريات ٢٠٩، ٢٢٢  
شرم، واو غاطس ٢٢٦  
شريط شفعي زفمي ١٨٨  
الشريطيات ٢٢١  
الشست ٢٢٤  
الشطوط ٢٢٢  
شع الشمس ٢٤٢  
شع العناكب ٢٢٢  
الشغاب المزجانية ٢٢٢، ٢٢٤، ٢٨٧  
شعبة ٣١٠  
الشعر أو الوبر ٢٥٤  
الشغيرات ٢٤٩  
الشغل ١٢٨-٢٩  
~ والطاقة ١٣٢-٣٣  
شغلان - تيودور ٢٢٨  
الشغرات  
~ الثنائية ٤١١  
شغرات الاعمدة التسعيرية  
وقاراتها الميزرية ١٩٩  
شجرة مورس ١٦٢، ٤١١  
الشغشاف ٢٦٤، ٢٦٦  
الشغل الجنوبي ٢١٣  
الشغل الشمالي ١٤٠، ١٥٤، ٢١٣  
الشغنين ٢٢٦، ٢٥٢  
شغويات الاقدام ٢٢٢  
للشغل (الجئون) ٢٢٧  
الشقائق البحرية ٣٢٠، ٢٨٥  
تكاثر - ٢٦٦  
الشرطانات الناسكة و- ٢٧٩



الضوء الأزرق ٢٠٢	١٩٢، ١٤٢	الصمامات الثلاثية ١٦٨	رطوبة - ٢٥٢	الشكل الإنمائي والمقاومة ١٢١
- ~ وزرقة السماء ٢٦٩، ٢٠٠	الصورة للهولوجرافية ١٩٩	الصمامات الثنائية الباعثة للضوء ١٥١، ١٦٩، ١٩٣	رياح - ٢٢٦، ٢٣١	الشلالات، مساقط المياه ٢٢٣
ضوء الشمس ١٧٧، ١٩٠، ٢٤٢، ٤١٦	الصوف ١٠٧	الصمامات الراديوية ١٦٤	كمية المطر في - ٢٦٤، ٢٦٥	شلتين - مانياس ٢٢٨
- ~ والإبصار ٢٠٥	الصنيد، التفقيب ٣٤٣، ٣٩٢-٩٣	الصنجات الضوئية ١٤٥، ١٩٠	مناخ - ٢٤١، ٢٤٥، ٢٩٠-٩١	الشمبانزيات ٢٢٦، ٢٧٨
- ~ والتخليق الضوئي ٢٤٠	الصنغ الكيماوية ٥٢	إختراع - ~ ١٩٢	صحراء الأبراج الطبيعية ٢٤٥	الشمس ٢٨٤-٨٥
الضواري، المفترسات ٢٤٣، ٢٩٢	الصين ١٠٨، ٢٥٦، ٢٧٠	قتال - ~ ١٦١، ١٩٣	صحراء أتكافا ٢٦٥، ٢٩٠، ٢٩١	إتبعاء المذنبات وإقترابها من - ٢٩٥
ط	ض	- ~ وكفاية الطاقة ١٢٩	صحراء جوبي ٢٩٠، ٢٩١	إحصائيات عن - ٤١٨
طائر الجاكنا ١٢٧	الضباب ٢٦١، ٢٦٣	- ~ والكهربائية ١٦١	الصحراء الكبرى	أصل - ٢٧٥
الطائر الفران ٢٢٣	ضباب الإشعاع ٢٦٣	الصمم ١٨١، ١٨٢	الكتبان الرملية في - ~ ٢٣١	البقع الشمسية ٢٤٢، ٢٧٢، ٢٨٤
الطائرات	الضباب التافقي ٢٦٣	صناديق ستيفنسون الأبالجورية ٢٧٢	مناخ - ~ ٢٤١، ٢٥١	جاذبية - ١٢٢
أجنحة - ١٢٨	الضباب والشبورة والضخان ٢٦٣	هناقة	صحون عاكسة مكافئة المقطع ١٨٤	الرياح الشمسية ٢١٢
تسارع - ١١٩	الضباب ٢٦٣	الروبوطات في - ١٧٦	الصخور الحارري (الشماسي) ٢٢٤	شواير فضائية إلى - ٢٨٥
- والتنبؤ بالأحوال الجوية ٢٧١	الضباب ٢٦٣، ٢٩٢، ٢٩٣	- ~ والاذنية ٩٢-٩٣	الصخور ٢٢٩-٢٧	٢٠١
- والتنبؤ بالاحوال الجوية ٢٧١	الضباب - إخماد - ١٨١	ال - ~ والتلوث ١١٢	الأحافير في - ٢٢٥	- واشباح برزخين ٢٦٩
- ودوي إختراق جدار الصوت ١٧٩، ١٧٧	الضباب ١١٢، ٢٦٣	- ~ الحديد والفولاذ ٨٤-٨٥	تاريخ - ٢٢٧	- وأقواس قزح ٢٦٩
- والشبكات الفلزية ٨٨	الضخان ١١٢، ٢٦٣	- ~ القلويات ٩٤	تجوية وتحت - ٢٢٠-٢١	- وتحولات الطاقة ١٢٨
- والشبكات الذيلية المخرية ٢٦١	الضخان الأصفر ٢٦٢	- ~ الكيماويات ٨٢	دورة - ٤١٥	- ودرجات حرارة الأرض ٢٥١
- وضغط الهواء ١٢٧	الضغط ١٧٧	الصندوق المالي العالمي للطبيعة ٤٠٠	- ~ الهندسية ٢٢٢	- والطاقة النووية ١٣٦، ١٣٧
- والطيران ١١٤	- ونفثات الحالة ٢١	صنوبر الشيلي (غثافة القرد) ٣١٧	- ~ وبني الأرض ٢١٢	- والطقس ٢٤١
- والتركبات الفضائية، ٢٩٩	- وشرعة التفاعل ٥٥	صنوبر الغنايق ٢٨٩	- ~ ونشاط خط الساحل ٢٢٦-٢٧	- والظلال ٢٠١
- ومركبات الماكاة ١٧٥	الجنهات و - ~ ٢٥٣	الصنوبر الهلي الكيزان (الأكواز) ٣١٧، ٢٤٦	والقرب ٢٢٢	- والفصول ٢١١، ٢٤٣
مخرجات - النفثات ١٤٤	الذنبات و - ~ ١٧٨	الصنوبريات ٣١٧	- ~ والجيولوجية ٢٠٩	- في درب التبانة ٢٧٧
الطائرات الفضائية ٢٩٩	الرياح و - ~ ٢٥٤	تصنيف - ٤٢٠	- ~ والرطوبة ٢٢١، ٢٢٣، ٤١٥	- في علم الفلك القديم ٢٩٦
الطائرات النفثات	الطرنادات و - ~ ٢٥٩	- ~ الجبلية ٢٨٤	- ~ وركام المثلج ٢٢٨	- والمذ والجور ٢٣٥
دوي إختراق - ~ جدار الصوت ١٧٩، ١٧٧	أنظر أيضا الضغط الجوي	غابات - ٢٩٦	- ~ والزلازل ٢٢٠	- والشفق الشمالي ١٥٤
سباتك هياكل - ~ ٨٨	الصفادع ٢٢٨	غذى أعمار - ٤٢٢	- ~ سجلات جيولوجية ٢٢٦-٢٧	الطاقة الشمسية ١١٣، ١١٥، ١٢٤، ١٩٠
مخرجات - ~ ١٤٤	أبفة - ٣٦١	شهادة ٢١٧، ٢٢١-٢٢	٢٧	الطيف الشمسي ١٩٢
الطائرات الورقية ٢٥٦	البورة الدموية في - ٢٤٩	الصواريخ ٢٩٩	- ~ والغرب ٢٢٢	جنادة - ٢٤١، ٢٤٢
الطائرة فوق صوتية ١٧٩	صفادع الغابات المطيرة ٢٩٤	طاقة - ١٢٨	- ~ والجيولوجية ٢٠٩	كشوف - ٢٠١، ٢٨٥
الطابعات الحاسوبية ١٧٢	غضلات - ٢٥٥	مخرجات - ١٤٤، ١٤٣	- ~ وسجلات جيولوجية ٢٢٦-٢٧	النظام الشمسي ٢١٠، ٢٨٣
الطاعون ٢١٢	نقيق - ١٨٢	صواريخ أريان ٢٩٩	٢١٣	هالات - ٢٦٠، ٢٦٩
الطاعون القدي ٢١٢	صفادع خازنة للماء ٢٢٨	صواريخ ساترن ٢٩٩	- ~ المنصورة (اللاية) ١٤٠	هالة الكسوف ٢٠١
طواني الرصد الجوي ٢٧١	صفادع الشم النيلي ٢٢٨	صواريخ فوسفود ٢٩٩	- ~ النارية ٢٢١، ٢٢٢، ٤١٥	الهذوجين في - ٤٧
طاقة ١١٣، ١٣٢، ٣٣	الصفادع الطيارة ٢٢٨	الصوت ١٧٧	الصدوع في - ٢١٩	شمس شمس الليل ٢٤٢
- إستهلاك القرد اليومي - ٤٠٨	الصفادع الذيلية ٢٢٨، ٢٢٩	الأجهزة التفوتية و - ١٦٢-٦٢	الصحور الإقليمية المتعولة ٢٢٤	أنظر أيضا ضوء الشمس والقدرة الشمسية
بقاء ال - ١٢٩	الضوء ١٩٠، ٩١-٩١	إحداث - وسماعه ١٨٢-٨٢	صحور أيزر الميحادية ٢٣٠	الشهب الفرساوسية ٢٩٥
تحولات ال - ٣٩-١٣٨	الوان - ٢٠٢-٢	الاصوات الموسيقية ١٨٦-٨٧	الصحور البركانية (أو المنارية) ٢٢١، ٢٢٢، ٤١٥	الشواطئ ٢٢٦، ٢٢٧، ٢٨٥
حقائق ومعلومات عن ال - ٩٠-٤٠٨	إنعكاس - ١٩٤-٩٥	امتصاص - ١٨٤ - ١٨٥	الصحور الروسية ٢٢١، ٢٢٣، ٤١٥، ٢٢٦	الشواطئ البحرية ٢٢٦-٢٧
الشغل وال - ١٢٢-٢٢	إنكسار - ١٩٦، ٤١٣	الامواج الصوتية ١٢٦، ١٨٠	صحور فطرية الشكل ٢٢٠	- ~ و(البينيات) ٢٧١، ٢٨٥
- والتخليق الضوئي ٢٤٠	حقائق ومعلومات عن - ٤١٢	انعكاس - وامتصاصه ١٨٤-٨٥	الصحور المتعولة ٢٢٤، ٤١٥	الشواطئ المرتفعة ٢٢٧
- والتفاعلات الايتنائية ٧٦	شركة - ١١٨، ٩١-٩١، ٢٧٤	التحريك ب - ١٨٢	تكون - ~ ٢٢١	الشوط الشمسية ١٥٤، ٢٠١، ٢٨٤
- والتفاعلات التقويضية ٧٦	- ~ والتصوير الفوتوغرافي ٧-٢٠٦	تسجيل - ١٨٨، ١٥٥	الصدا ٤٤، ٦١	الشوكجدييات ٢٣٥، ٤٢١
- التنفس الخلوي ٢٤٦	- ~ والتفاعلات للكيماوية ٥٢	جهاز - ١٨١	الصدى - ترجيعات - ١٨٤	شولنز - جوهان ٢٠٦
ال - الحرارية ١٤٠-٤١	- ~ والسينما ٢٠٨	حقائق ومعلومات عن - ٤١٢-١٣	الشيء ب - ١٨٥	الشوة البرتغالية ٢٢٠
- الحركة ١٢٣، ١٢٨	- ~ وطيف الإبتعاث الذري ٦٢	شركة - ١٧٩	صدع سان أندرياس ١٢٦، ٢١٩	الشياهم ٢٥٨
- الطيف الكهرمغنطيسي ١٩٢	- ~ والطيف الكهرمغنطيسي ١٩٢	- ~ الإلكتروني ١٨٩	صدوع تنشق الجبال ٢١٨، ٢١٩	شيرنكوف - بافل ٢٦
- الفحم ٢٢٨، ٢٢٨	- ~ والظلال ٢٠١	- ~ فوق السطحي ١٧٧، ١٨٥	الصدوع الدشرية في الصحور ٢١٩	شيررون - الكويكب - ٢٩٤
- قوة الرياح ٢٥٥، ٢٥٦	- ~ والقدسات ١٩٧	قياس - ١٨٠	الصدوع المتعولة ٢٢٤، ٤١٥	شيل - كارل ٤٤
- الكائنات الحية ٢٠٦	- ~ والتأثير ١٩٩	مكبرات - ١٥٧، ١٥٦	تكون - ~ ٢٢١	ص
ال - الكيماوية ٥٢، ١٢٣، ١٢٨	- ~ والنظرة النسبية ٢٨١، ٢٨٥	مكروفونات - ١٥٩	الصدا ٤٤، ٦١	الصباير ٢٩٠، ٢٩١
- المخرجات ١٤٣-٤٤	ضوء للنجوم ٢٧٩	مكروفونات - ١٥٩	الصفحات ٢٤٨	صيفيات (كروموشومات) ٢٦٢، ٢٦٤-٦٥
ال - المختزنة ١٢٢	طيف - المرئي ١٩٢، ٢٠٢	مكروفونات - ١٥٩	الصقيع ٢٢١ - ٢٦٨	الصقيع الفضلي ٢٦٨
- معدلات الاستقلاب ٤٢٢	مصابير - ١٩٣	مكروفونات - ١٥٩	الصلادة ومقياس قوهر ٢٢١، ٢٢٢	الصلصال ٢٢٨، ٢٢٢
- النجوم ٢٧٨	الضوء الأبيض ٢٠٢	مكروفونات - ١٥٩	٤١٥	٨١، ٢٢
- النفط والغاز ٢٢٩	الضوء الأحمر ٢٠٢	مكروفونات - ١٥٩	الصلصال ٢٢٨، ٢٢٢	٢٣٠
	الضوء الأخضر ٢٠٢	مكروفونات - ١٥٩		



الذرة النووية ١٣٦-٣٧	الطقس ٢٤١، ٤١٧	الكهرمغنطيسي ١٩٢، ٤١٢	غث غبار المنازل ٢٥٤	نشأة ٢٨٢
قياس الـ ١٣٢	اقواس قزح و- ٢٦٩	طيف النجوم ٢٧٨	الغذاء في النظام الثاني ١٧٢	القطالة ١٢٠، ١٢٥
كفاية الـ ١٣٩	البزق والرعد و- ٢٥٧	حليف الابداعات الذرية ٦٢	١٧٤، ٤١١	العطريات ٤١
مصادر الـ ١٣٤-٣٥، ٤٠٩	بيوت ٢٥٢	الطيور ٣٢٢-٣	غذائيات خيخر ٢٧	العظام
طاقة التنشيط ٥٢	التنبؤ باحوال ٢٧٠-٧١	أزمة ٢٦١	غذائيات (مقاييس) السرعة ١١٨	الاحافير العظمية ٢٢٥
طاقة الحرارة الارضية ١٣٤	التلج و- ٢٦٦	اعشاش ٢٢٢	الغذائية (الغذائية) ٢٦٦	والروايات الشعبية عن
طاقة الحركة ١٣٨، ١٣٢	جبهات ٢٥٢	الوان ٢٨٠	الغذاء الذري ٢٤، ٢٢-٢	الطقس ٢٧٢
طاقة كامنة، طاقة الوضع ١٣٢، ١٣٨	حقائق ومعلومات عن ٤١٦-١٧	إنسياب و- فوق التيارات	غذائيات ١٩٧	كالكسيوم ٢٥، ٤٣
طاقة الكتلة الحيوية ١٣٤	خرائط و- ٢٥٠، ٢٥٢، ٢٧٠	الحرارية للصاعدة ٢٦٢	التلشوكيات ٢٩٧	أنظر أيضا الهياكل الداعمة
الطاقة الكيميائية ١٣٨، ١٣٢	٤١٦	أنواع و- المهذبة ٢٩٨	الكاميرات ٢٠٦، ٢٠٨	الغطايا ٢٣٠، ٢٥٠
طاقة متجددة ١٣٤	درجة الحرارة و- ٢٥١	تصنيف ٤٢١	النظارات ٢٠٤	غفن البطاطس ٣١٥
الطاقة النووية ١١٢، ١٣٦-٣٧	رصد الاحوال الجوية العالمية ٢٧١	تطور و- ٢٠٨، ٢٠٩	غذائيات القيتين ٢٠٤، ٢٥٨	العقارب ٢٢٢، ٢٩١
الاشعاعية ٢٧	زحذ ٢٧٢	تعايش و- ٢٧٩	غذائيات فريز ١٩٧	العقاقير ١٠٤-٥
والتلوث ٢٧٢، ٢٨٢	الرياح و- ٢٥٤-٥٦	تكاثر و- ٢٦٧	للغذائيات للاصقة ٢٠٤	العقبات ٢٩٤
والنفايات ١٣٦	سوائل و- ٢٠٠	طيران و- ٢٥٧، ١٢٨	للغذائيات للخطبة ٢٠٤، ٢٠٤	العقبات ٢٩٤
طاليس الطلبي ١٤٥	شع الشمس و- ٢٤٢	على الشواطئ ٢٨٥	للغذائيات للخطبة ٢٠٤، ٢٠٤	العقد الفوجية والتوافقيات ١٨٦
الطب ١٠٤-٥	الطرنادات و- ٢٥٩	في الخواصر والمدن ٢٩٧	للغذائيات للخطبة ٢٠٤، ٢٠٤	العلاجيم ٢٢٨، ٢٩١
الشرعي ٦٢	والاعاصير ٢٥٨	في الغابات المطيرة ٢٩٤-٥	للغذائيات للخطبة ٢٠٤، ٢٠٤	في الصحاري ٢٩١
المنظار الداخلي في ١٩٦	والنزد ٢٦٧	في المناطق الرطبة ٢٨٩	للغذائيات للخطبة ٢٠٤، ٢٠٤	كائنات ٢٩٩
الطباشير	والجز ٢٤٨-٤٩	في المناطق القطبية ٢٨٢-٢	للغذائيات للخطبة ٢٠٤، ٢٠٤	علاجيم القصب ٢٩٩
الانربة و- ٢٢٢	والرطوبة ٢٥٢	غذائيات اعمار ٤٢٢	للغذائيات للخطبة ٢٠٤، ٢٠٤	العلامات التياراتية
الاسم الكيميائي ل- ٥٣	والشطب ٢٦٠-٦٢	مستعمرات و- ٢٧٨	للغذائيات للخطبة ٢٠٤، ٢٠٤	علامات الطقس في التراث الشعبي
تكون و- ٢١٤	والصقيع والندى والجليد ٢٦٨	معمور ابو الجن ٢٥٠	للغذائيات للخطبة ٢٠٤، ٢٠٤	٢٧٢
خصائص و- ٢٢	والضباب والشبورة ٢٦٢	الطيور الأفغانية ٢٨٩	للغذائيات للخطبة ٢٠٤، ٢٠٤	الغلق ٢٢١، ٣٨٨
في البنابيع الحارة ٢٥	والضخان ٢٦٢	الطيور البخر ٢٨٥	للغذائيات للخطبة ٢٠٤، ٢٠٤	علم الارصاد الجوية (أنظر
الطباعة ٢٠٢، ٢٠٧	والضغط الجوي ٢٥٠	الطيور الخبائكة ٢٢٢	للغذائيات للخطبة ٢٠٤، ٢٠٤	الطقس)
الطباعة الرباعية الالوان ٢٠٢	القصور و- ٢٤٣	الطيور الخرسنة القطبية ٢٨٢	للغذائيات للخطبة ٢٠٤، ٢٠٤	علم الحياة أنظر الحيوانات؛
الطبخ ٧٨	قوى و- ١١٤	الطيور الزفرافة ٢٨٨، ٢٢٢	للغذائيات للخطبة ٢٠٤، ٢٠٤	والكائنات الخية؛ والنباتات
الطبخ على ضغط مرتفع ٢٠	المطر و- ٢٦٤-٦٥	الطيور الطنانة ٢٤٢	للغذائيات للخطبة ٢٠٤، ٢٠٤	علم الصخور ٢٠٩
طبقات الارض ٢٢٦-٢٧	أنظر أيضا المناخ	الطيور العرائش ٢٦١	للغذائيات للخطبة ٢٠٤، ٢٠٤	علم الفلك ٢٧٢، ٢٧٤، ٢٩٦
طبقة الأوزون ٢٤٨	الطقسوس ٢١٧	الطيور الفيزنوس ٢٩٥	للغذائيات للخطبة ٢٠٤، ٢٠٤	الراديو ٢٩٧، ٢٩٨
تقريب في و- ٤٦، ٥٧، ١١٢	ولاء الاطافير ١٠٢	الطيور الكيوي ٢٢٢	للغذائيات للخطبة ٢٠٤، ٢٠٤	أنظر أيضا الفضاء؛ والنجوم؛
٢٨٢، ٢٧٥	الطلاء الكهربائي ١٤٩، ٦٧	الطيور نقار الخشب ٢٩٦	للغذائيات للخطبة ٢٠٤، ٢٠٤	والكون
وظيفة و- ٤٤	الطلق (التك) ٢٢١	ظاهرة الانقلاب والصفان ٢٦٢	للغذائيات للخطبة ٢٠٤، ٢٠٤	علم الكونيات ٢٧٤
الطبول ١٨٧	المواحين الهوائية ١٣٢، ١٣٤	ظاهرة تيندال ٢٦٩	للغذائيات للخطبة ٢٠٤، ٢٠٤	علم المناخ الشجري ٢٤٦
الطحاب ٣١٦، ٤٢٠	طوافي الرصد الجوي ٢٧١	ظاهرة الدفيناات ٤٠، ٢٤٧، ٢٧٢	للغذائيات للخطبة ٢٠٤، ٢٠٤	علم وصف طبقات الارض ٢٢٦-٢٢٦
تصنيف و- ٤٢٠	الطوب ١٠٩	ظاهرة دوپلر ١٨٠	للغذائيات للخطبة ٢٠٤، ٢٠٤	٢٧
تكاثر و- ٢٦٧	الطوقان ٢٩٤	لظاهرة الكهروضوئية ١٩١	للغذائيات للخطبة ٢٠٤، ٢٠٤	غنى الالوان ٢٠٥
والتلوث ٢٧٥	الطول الموجي	الظباء ٢٩٢	للغذائيات للخطبة ٢٠٤، ٢٠٤	غمر النصف والإشعاعية ٢٦
والتلج الفرنسي اللون ٢٦٦	و- والالوان ٢٠٢	حياة الدقيق ٢٩٢	للغذائيات للخطبة ٢٠٤، ٢٠٤	عملية بايز



- الغواقي ٢٠٦، ٢٧٥، ٢٨٦  
العوز - أمراض ٢٤٢  
الغوشق ٣٣٣  
عيد الميلاد - الطقس في ~ ٢٤٣  
عبدان الثقب ٤٢، ٥٢  
عمري - ج.ب. ٢١٨  
القنن ٢٠٤  
جراحة العين ١٥٧  
~ والإبصار ٢٠٤-٢٠٨، ٥٩  
~ والطرف ٣٥٦  
~ والغذسات ١٩٧  
تياييت شبكية العين ٣٢٨  
العيون المركبة ٢٠٥
- غ
- الغابات  
~ وتكون الفحم ٢٣٨  
~ الصنوبرية ٢٨٤  
~ النفخية ٢٨٤  
الغابات المطيرة  
بيئات ~ ~ ٢٧١، ٢٩٤-٩٥  
الرطوبة في ~ ~ ٢٥٢  
مناخ ~ ~ ٢٤٤  
الغابات المطيرة المدارية ٣٩٤-٩٥  
غابات المناطق المعتدلة ٢٧١، ٣٩٦  
غاريقون الذباب ٢١٥  
الغاز ٢٣٩  
استخدامات ~ ٤٠٧  
غاز الفحم ٩٦  
مخزون ~ ١٣٥  
مشتجات ~ ٩٧  
الغاز الطبيعي ٩٧، ٢٣٩  
الغازات ١٨-١٩  
إختيارات تعرف ~ ٤٠٤  
الاستشراب الغازي ٦٢  
انتقال الحرارة في ~ ١٤٢  
تجميع ~ ٤٠٤  
تفاعلات ~ ٤٠٤  
تمدد ~ ١٤١  
شعرة الصوت في ~ ١٧٩  
سلوك ~ ٥١  
ضغط ~ ١٢٧  
~ وتغيرات الحالة ٢٠  
~ والضوء الملون ١٩٣  
~ المضبوطة ١٩  
~ النبيلة ٤٨  
~ والنجوم ٢٧٨، ٢٨٠  
~ والنظرية الحركية ٥٠  
القوى في ~ ١٢٨  
كتافة ~ ٢٢  
محاليل ~ ٦٠  
الغازولين ٩٨  
غازارين - يوري ٣٠٢  
الفاق الشاغي ٣٨٥  
غاليليو غاليلي ١٢٧  
~ ~ ورقاص (بندول) الساعة ١٢٦  
~ ~ ومراقبة الكواكب ٢٨٦، ٢٩٠، ٢٩١
- ~ ~ والمقارب ٢٧٣، ٢٩٧  
~ ~ ونظرية الحركة ١٢٠  
غبار الطلع ٢١٨-١٩  
غناء ٧٥، ٩٥  
الغدة الدرقية ٣٥١  
الغدة النخامية ٢٥١، ٣٦١  
الغذاء المنظم ٣٤٢  
أنظر أيضا الاغذية  
الغراء ١٠٦  
الغرافيت ٤٠  
الغرانيت ٢٢١  
تجوية ~ ٢٣١  
تكون ~ ٢٢٢  
~ ونشوء الجبال ٢١٨  
غرف لا صدوية ١٨٤  
غروب الشمس، المغيب ٢٦٩  
الغريزة ٣٦١  
الغزلان ٢٤٣، ٢٩٢  
الغضروف ٢٥٢  
غطاء الشوكلا ٣٩٠  
القطاسات المتوجة ٣٦٧  
غل مان - ثوري ٢٥  
الغلاف الحثوي ٣٧٠-١  
دورات في ~ ~ ٣٧٢-٣  
الغلاف الجوي الخارجي  
(الإكسوسفير) ٢٤٨  
الغلاف الحراري (الترموسفير) ٢٩٨، ٢٤٨  
الغلاف السفلي (التروبوسفير) ٢٤٨-٤٩  
سحب ~ ~ ٢٦١  
~ ~ والإشعاعات تحت الحمراء ٢٩٨  
الغلاف الصخري ٢١٢، ٢١٤  
الغلاف الطبقي (الستراتوسفير) ٢٤٨  
الغلاف اللوني ٢٨٤  
الغلاف المانع ٢١٤  
الغلاف المتوسط (الميزوسفير) ٢٤٨، ٢٩٨  
الغلاف المغنطيسي ٢١٢  
غلطاني - لويجي ٣٥٥  
غلقة ٦٦  
الفلوكايجون ٣٥١  
الفلوكوز  
صيفة ~ الكيماوية ٧٩  
~ والتخليق الضوئي ٣٤٠  
~ والتنفس الخلوي ٣٤٦  
~ في الكبد ٧٦، ٧٧  
هضم ~ ٢٤٥  
القواصات ١٢٧، ١٢٩  
الفواصون وضغط الماء ١٢٧  
غودارد - روبرت ١٤٤، ٢٩٩  
الفوق ١٢٩
- ف
- الفائدة الآلية ١٣١  
قابر - جان هنري ٢٢٣  
فارادي - مايكل ١٥٩، ٦٧  
الفيران ٣٠٦، ٣٤٥  
الفقران البحرية ٢٢١  
فارة الحاسوب ١٧٣
- ~ وعلم الفلك ٢٩٦  
~ والنظام الشمسي ٢٨٢  
الكواكب في ~ ~ ٢٨٦-٩٣  
الكون ~ ~ ٢٧٤-٧٥  
كويكبات ~ ٢٩٤  
المخزات في ~ ~ ٢٧٦-٧٧  
المذنبات في ~ ~ ٢٩٥  
النجوم في ~ ~ ٢٧٨-٨٢  
التيازك في ~ ~ ٢٩٥  
الفلكس، الناسوخ ١٦٣  
الفضة ٢٦، ٢٧  
تفاعلية ~ ٦٦، ٤٠٥  
~ كميتج ثنائي في النحاس ٨٦  
هاليدات ~ ٤٦  
الفضلات ٣٧٦  
إفراغ ~ ٣٥٠  
الفطر الفستلي ٢٩٦  
الفطر الفاريقونية ٣١٥  
الفطريات ٣١٥  
اغذاء ~ ٢٤٢  
تصنيف ~ ٣١١، ٤٢٠  
~ والغابات المطيرة ٢٩٤  
مذى اصمار ~ ٤٢٢  
الفط (فيل البحر) ٢٨٢  
الفعالية، الكفائية ١٣٠، ١٢٩  
الفقاريات ٢٢٦-٢٢٦  
أنظر أيضا الحيوانات؛ والجسم  
البشري  
تصنيف ~ ٤٢١  
عضلات ~ ٣٥٥  
هياكل ~ الداعة ٢٥٢  
الفقايع ١٢٨، ٢٠٢  
فقد الحرارة ١٤٢  
فقد الذئب ٢١٥  
الفطعات ٢٩٩  
الفطعات الزاهية ٢٩٩  
الفكان ٣٤٤  
الفيلزات ٢٢، ٢٣  
أشياء ~ ٣٩  
تاريخ ~ ٦٦  
الترايط الفلزي ٢٨، ٢٩  
تمدد ~ ١٤١  
خصائص ~ ٢٢، ٢٣  
سياتك ~ ٥٩، ٨٨  
سليسة التفاعلية ~ ٦٦  
طلاء ~ بالكهرباء ٦٧  
~ وإختيارات الذهب ٦٣  
~ في الجدول الدوري ٣٣  
~ للوضعية ٣٨  
~ القلوية ٢٢، ٣٤  
موضلية ~ ٢٩، ١٤٢  
فلزات الاتربة القلوية ٣٥  
الفلزات الانتقالية ٣٦  
فلزات خزفية ١١١  
أنظر أيضا كل فلز بشفره  
الفلسفيا ٢٩٠، ٢٢١، ٢٣١  
الفلط ١٥٠  
الفلطمرات ١٥٢  
الفلطية الكهربائية ١٦٠  
فلقة (ورقة البزرة) ٣١٨، ٣٦٢  
الفلوجستون (اللاهوب) ٦٤  
فلوري - هوارد ١٠٥  
الفلوريت ٤٦، ٧٣، ٢٢١  
الفلورينات ٤٦
- فليمينغ - السير الكسندر ١٠٥، ٢١٥  
الفهود ٢٥٦، ٢٩٢  
فويوس ٢٨٩  
الفوتوسفير ٢٨٤  
الفوتونات، الكفات الضوئية ٢٤  
~ والليزر ١٩٩  
~ ونظرية الكم ١٩١  
فوكس تالبوت - ولتم ٢٠٧  
الفولان، الصلب ٢٢، ٨١  
الحديد ~ ~ ٨٤-٨٥  
غلقة ~ ٦٦  
فحتوى ~ من الكربون ٨٨  
المخاط الفولاذية ١٤٥، ١٥٥  
فولتا - إلساندرو ١٥٠  
الفولفوكس ٢١٦  
الفونوغرافات، الحاكيات ١٨٨  
القياسيات ٧٩، ٢٤٢، ٤٢٣  
فيتاغورس ١٨٧  
الفيروسات (الحماة) ٢١٢  
فيروسات الإيدز ٣١٢  
الفيرومونات ٣٥١، ٣٥٩  
فيزيائوس - أندرياس ٢٣٧  
فيزو-إيبوليت ١٩١  
الفيضانات ٢٢٣، ٢١٧، ٢٦٤  
فيل البحر، الفط ٢٨٢  
الفيليين ٢٤٧  
الفينولفثالين ٧٢  
الفيرورات الترويجية ٢٣٦
- ق
- القار ٩٨  
قار الفحم ٩٦  
القاربات الليزمية في المناجر  
الكبرى ١٩٩  
القارات  
تكون ~ ٢١٠  
تكونيات الكتل الصفانحة ٢١٤-١٥  
نشوء الجبال ٢١٨  
القارة القطبية الجنوبية  
الانجراف القاري في ~ ~ ~ ٢١٥  
بيئات ~ ~ ~ ٢٨٢  
جليد ~ ~ ~ ٢٢٩، ٢٤٦  
درجات الحرارة في ~ ~ ~ ٢٥١  
الرياح في ~ ~ ~ ٢٥٥  
طبقة الأوزون فوق ~ ~ ~ ٢٧٥، ٢٨٣  
القارة القطبية الشمالية ٢٧٥، ٢٨٢  
القارورة الخوائية ١٤٢  
قارورة (قارورة) الصاروخ ١٤٣  
قاعدة برنولي ١٢٨  
قاعدة تشكال ١٢٨  
قاعدة اليد اليسرى لفلمينغ ١٥٨  
قاعدة اليد اليمنى لفلمينغ ١٥٩  
القائم ٢٨٠  
قانون أرخميدس ١٢٩  
قانون أفوجادرو ٥١، ٤٠٤  
قانون أوم ١٥٢  
قانون بويل ٥١، ٤٠٤



- قانون جريام - جراهام - في إنتشار الغازات ٤٠٤  
قانون جي لوساك ٥١، ٤٠٤  
قانون سيل ٤١٣  
قانون شارل ٥١، ٤٠٤  
قانون الغاز المثالي ٤٠٤  
قانون فيل ٢٧٤  
قانون فوك ١٢٣  
قنامين، ميلانين ٣٥٤  
القحف، الجمجمة ٢٣٦، ٢٥٣  
القذرة: قياس نُسوح النجوم ٢٨٢  
القذرة، الشغل ١٢٣  
القذرة البخارية ٢١  
تربيينات ~ ~ ١٤٤  
مُتْرَكَات ~ ~ ١٤٣، ١٢٣  
مُتْطَات ~ ~ ١٦٠  
القذرة الشمسية ١٣٥  
~ ~ والخلايا القلطنية  
الضوئية ١٣٤  
~ ~ والشوايل ١١٥  
~ ~ ومخططات القدرة ١٩٠  
القذرة الكهربائية ١٢٤، ٢٢٣  
القذرة الكهربائية ١٢٤، ٢٢٣  
أنظر أيضا الطاقة  
الفراد ٣٢٢  
اللزدة العوافة ١٨٢  
اللزدة الكليّة ٣٢٦  
اللزوش  
خراشيف - ٣٥٤  
- وسنك الزيمورا ٣٧٩  
هيكل - ٢٢٦، ٢٥٣  
قرنا الإستشعار ٢٥٨، ٢٥٩  
القرنية ٢٠٤  
القرود ٣٣٦  
(أنظر أيضا القردة)  
قزبدس ٣٧٥  
القرجية (في العين) ٢٠٤  
القشرة الأرضية ٢١٠، ٢١٢، ٢١٤  
القشرة القارية ٢١٠  
القشرة المحيطية ٢١٠  
القشريات ٣٢٢، ٣٤٨، ٤٢١  
قشعريرة ٣٥٠  
قشور، محار، دُبل  
دُبل السلاحف ٣٣١  
قشور البيض ٣٣٢، ٣٣٣  
محار الرخويات ٣٢٤، ٣٥٢  
القُصافة ٢٣  
القُصدير  
أشايات (سبانك) - ٢٨  
~ والرُجاج المُعوم ١١٠  
~ في الجدول الدوري ٢٣  
قِصر البَصَر (الخسر) ٢٠٤  
القُصور الذاتي (القطالة) ١٢٠، ١٢٥  
القُصاعات (ثعالب الماء) ٢٨٨، ٤٠٠  
القُصبان المغنطيسيّة ١٥٤  
القُصّة (الرصيص) ٢٢٢  
القُطارات  
~ والقاطرات البخارية ١٤٣  
~ الكهربائية ١٤٨، ١٥٨  
قطارات التوسيد المغنطيسي ١٥٦  
القُطب الجنوبي للأرض
- بيّنات ~ ~ ٣٨٢  
دُرْجات الحرارة في ~ ~ ~  
٢٥١  
الفصول في ~ ~ ~ ٢١١  
المجال المغنطيسي لـ ~ ~ ~  
٢١٣  
القُطب الجنوبي للمغنطيس ١٥٤، ١٥٥  
القُطب الشمالي  
بيّنات ~ ~ ٣٨٢  
دُرْجات الحرارة في ~ ~ ~ ٢٥١  
فُصول ~ ~ ~ ٢١١  
مَجال ~ ~ ~ المغنطيسي ٢١٣  
القُطب  
جلود ~ ٢٩٩  
خواس ~ ٢٥٨  
الوراثيات في ~ ٢٦٥  
القُطن ١٠٧  
قُفوف الجلد (قشعريرة) ٣٥٠  
القلائس الجليدية ٢٢٨-٢٢٩  
~ ~ والشج ٢٦٦  
~ ~ على المِريخ ٢٨٩  
~ ~ في العصر الجليدي ٢٤٦  
القلب ٣٤٩، ٣٥٥  
القُلُوبَات ٧٠-٧١  
صناعة ~ ٩٤  
قياس القُلُوبَة ٧٢  
القُطر (قُطر الأرض) ١٩٤، ٢٨٨  
أوجه ~ ٢٨٨  
جاذبية ~ ١٢٢  
خُسوف ~ ٢٠١، ٢٨٥  
خُفر ~ ٢٨٧  
رُؤاد ~ ٧٤، ٢٩٩، ٣٠٢  
الشواير الفضائية إلى ~ ٢٨٨، ٣٠١  
~ وعلم الفلك القديم ٢٩٦  
المذ والجُزُر وجاذبية ~ ٢٣٥  
هالات ~ ٢٦٠، ٢٦٩  
وفاد ~ ٢٧٣  
القُفرة المُظلمة ٢٠٦  
القيَمِيَّات ٣١٩، ٣٨٠  
القُفْل ٣٢٢، ٣٥٤  
القنابل الذرية ١٢٧  
القنابل النووية ١٢٧  
قُنَادِيلُ البَحر ٣٢٠، ٣٢٥، ٣٦٣، ٣٨٥  
قناطر رؤوس البَر ٢٣٦  
القناغر ٣٣٥  
قناطر البَحر ٣٢٥  
قُنُوطُ غِلْبة الشجوريات ٢٧٩  
قُنُوطُ نجمي ٢٨٠  
القوالب الكهربائية ١٦١  
القوارر  
أسنان ~ ٣٢٤، ٣٤٤  
تغذية ~ ٣٤٢  
القوارير الرُجاجة ١١٠  
القواطع (الأسنان الأمامية) ٣٤٤  
القواعد ٧٠-٧٢، ٧٣  
القواقع ٣٢٤  
تُصْنِيف ~ ٣١٠  
حركة ~ ٣٥٦  
الدورة الدموية في ~ ٣٤٩  
قواقع شاطئية (بريوتكل) ٣٨٥  
القوانص ٣٢٢
- القُوّة الجاذبة ١٢٥  
قُوّة دافعة كهربائية (ق.دك) ١٥٠-٥١  
قُوّة دَفْع الطائفة إلى الامام ١١٤  
القُوّة القويّة والوامنة ١١٥  
القُوّة الكُتْرُوبَة ١١٥  
قُوّة مُضْخَعة ١٢٠، ١٢١  
القُوّة النَّابِذَة ١٢٥، ٢١١  
قُوس قُزَح ٢٠٢، ٢٦٩  
قُوْتَمَة الأَلَن الداخليّة ١٨٢، ٣٥٨  
القُوِي ١١٣  
جُمُوع ~ ومُحْصَلاتِها ١١٦  
حقائق ومعلومات عن ~ ٤٠٨-٩  
قُوِي الاحتكاك ١٢١  
قُوِي الامتزازات ١٢٦  
~ والتسارع ١١٩  
قُوِي الجاذبية ١٢٢  
~ والحركة ١٢٠  
~ والحركة الدائرية ١٢٥  
~ والسرعة ١١٨  
~ والشغل ١٢٢  
قُوِي الضغط ١٢٧  
قُوِي الطفو والغوص ١٢٩  
قُوِي المكثات ١٢٠-١٢١  
قياس ~ ١٢٣  
قُوِي التلاش ١١٥  
قُوِي الدُوران والتدوير ١٢٤  
القُوِي في الموانع ١٢٨  
قُوِي اللائش ١١٥  
القُوِي المُتَوَازِنة ١١٧  
القُوِي النُويّة ١١٥  
قياس  
~ الصوت ١٨٠  
~ القُوِي ١٢٣  
القياسات الإمبراطورية ٤٠٩  
القياسات للمترية ٤٠٩  
ك  
الكائنات الحيّة ٣٠٥-٣٢٧  
تصنيف ~ ~ ٣١٠-٣١١  
٢١٠-٢١١  
تطوّر ~ ~ ٢٠٨-٩  
حقائق ومعلومات عن ~ ~  
٢٢٠-٢٢١  
~ ~ كيف تعمل ٢٢٧-٢٢٨  
الكابيتول وحديد العُشْب ٨٤  
الكابيات ٣٩٣  
الكاتدرائيات والدعائم الرافرة ١١٧  
كاتدرائية لُتان ١١٧  
كاتود (خُطْب) ١٦٨، ١٦٧  
الكاشف العام ٧٢  
كافندش - هُزري ٤٧، ١٢٣  
الكالسيوم ٣٥  
تفاعلية ~ ٤٠٥  
~ في الجدول الدوري ٢٢  
كاليسنو ٢٩٠  
الكاميرات  
~ التلفزيونية ١٦٦، ١٧٧  
~ السينمائية ١٧٧، ٢٠٨  
~ الفوتوغرافية ٢٠٦  
كائن - أني جُفِي ٢٧٨
- الكَاُولِين (الطُفْل الصيني) ١٠٩، ٤٠٧  
الكَبْد ٧٦-٧٧، ٢٣٦، ٢٥٠  
الكَبِدِيَّات ٢١٦، ٤٢٠  
الكَبْرِيَّت ٤٥  
استخدامات ~ ٤٠٧  
~ في الجدول الدوري ٢٢، ٢٣  
مُزَكَّبات ~ ٥٨  
كبريتات الباريوم ٢٥  
كبريتات النحاس ٧٣، ٧٥، ٨٦  
كِبَلر - يُوْهانس ٢٩٦  
الكَبُول  
الإمداد الكهربائي ~ ١٦٠  
كَبُول الألياف البصريّة ١٦٢، ١٧٧  
كَبُول صَخْرِيّة ضالّة ٢٢٨  
الكَبْلَة ٢٢  
~ الطاقة ~ ١٢٦  
~ والوَرْن ١٢٢  
الكثافة  
~ والطفو والغوص ١٢٩  
~ والمادة ٢٢  
كُتْبَان زاسية وذَلِيلَة ٢٢١  
الكُتْبَان الرُّمْلِيّة ٢٢١، ٢٢٧  
كُتْبَان طولانية (سيفية) ٢٢١  
كُتْبَان جلالية (برخان) ٢٢١  
الكحول  
الإختصار الكحولي ٨٠، ٩٣  
~ ومُتْطَلات النُفْس ٦٥  
الكُرّات والحركة ١١٩، ١٢٠  
الكريبتون ٤٨  
كربس - هانز ٣٤٦  
الكربون ٤٠  
التاريخ ب ~ المُشِيع ٢٧  
دورة ~ ٤١، ٣٧٢  
ذرات ~ ٢٤  
~ والسبائك الفلزّية ٨٨  
~ والفحم ٢٢٨  
~ في الالكانات والألكينات ٤٠٦  
~ في الجدول الدوري ٢٢  
~ في الحديد والفولاذ ٨٤-٨٥  
~ في الكائنات الحيّة ٣٠٥  
~ والكيمياء العضوية ٤١  
~ والنُفْط ٩٨-٩٩  
كربون الفلور الكلوريني ٢٧٥  
استعمالات ~ ~ ~ ٤٦  
~ ~ ~ وتدمير الأوزون ٥٧، ١١٢، ٣٧٥  
الكربونات ٦٩  
كُرُيُونات الصوديوم ٩٤، ١١٠، ٤٠٦  
كربونات الكالسيوم  
إستعمالات ~ ٧٠  
~ في الرُجاج ١١٠  
~ في الماء القَير ٧٥  
~ في الهياكل الداعمة ٣٥٢  
الكربوهيدرات ٧٩، ٢٤٢، ٢٤٥  
كربيد التتجستن ٨٨  
الكُرْفُس ٢٤١  
كوك - فرنسيس ٣٦٤  
الكُرْكُنات ٣٩٢  
الكُرْكُنات ٣٢٢، ٢٤٨  
الكُرْمَلات ٧٩  
كُرُول - جيفس ٢٤٦
- كروموسومات (أنظر صيغيات)  
كُرِيَّات الدَم البيضاء ٢٤٨، ٢٥١  
كريكاليف - سيرجي ٣٠٢  
الكُرِيُونوت ٩٦  
الكِساء الريشي ٣٢٢  
الكِشف الثلجيّة ٧٥، ٢٦٦  
الكُشوف والخُشوف ٢٠١، ٢٨٥  
الكُشوت، خانق الكُرْسنة ٣٧٩  
الكُظيمة (القارورة الخوانية) ١٤٢  
الكُفاية (أو الفعالية) ١٢٠، ١٢٩  
الكُفَلار - الياف ~ ١٠١  
كُكْريل - كريستوفر ١٢١  
الكلاب  
أسنان ~ ٣٢٤، ٣٤٤  
خواس ~ ٣٥٨، ٣٥٩  
السمع عند ~ ١٨٢  
~ والبراغيت ٣٧٩  
كَلاب الشُروج ٢٩٣  
الكلام ١٨٢، ١٨٢  
الكلب ٣١٦  
كَلْب البَحر ٣٢٦، ٣٥٧  
الكَلْب الهَلْبِيّة ٣٥٨  
الكَلْسِيَّت ٢٢١، ٢٢١  
كَلْفَن - اللورد ١٢٨  
الكلوبيريت ٨٦  
الكلور  
تعقيم الماء ب ~ ٤٦  
~ وصناعة القُلُوبَات ٩٤  
~ في الجدول الدوري ٢٢  
~ وقانون أفوجادرو ٥١  
كلوريد البوليقيابل ٩٩، ١٠٠، ٤٠٦  
كلوريد القابل ١٠٠  
أنظر أيضا كربون الفلور  
الكلوريني  
الكلوروفيل ٣٥، ٣٦  
الكلتيان ٧٧، ٣٥٠  
الكم ٢٤  
نظرية ~ ٢٤، ١٩٠، ١٩١  
الكَمَّات الضوئية، الفوتونات ٢٤  
كُم الرّيح ٢٥٤  
كَمادات مُتَزَدَة ٥٢  
كَمِيَّات مُتْجَعة ١١٦  
كَمِيَّة التَّخْرُك ١٢٠  
الكنداريات ٢٢٠، ٤٢١  
الكهرباء ١١٣، ١١٥، ١٤٥  
الإمداد الكهربائي ١٦٠  
التيار الكهربائي ١٤٨-٤٩  
حقائق ومعلومات عن ~ ٤١٠-١١  
الدّارات الكهربائية ١٥٢-٥٣  
الرُّمُوز الكهربائيّة ٤١١  
الطاقة الكهربائيّة ١٢٣  
القدرة الكهربائيّة ١٢٤، ٢٣٢  
~ والإتصالات البُعاديّة ١٦٢-١٦٣  
~ ٦٣  
~ الاجهادية ١٢٦  
~ والبُرْق ٢٥٧  
~ والتفاعلات الكيميائية ٥٢  
~ وحواس الأسماك ٣٥٩  
~ ومُطوط النُفْل ٢٨  
~ والخلايا والبطاريات ١٥٠-٥١  
~ وشبّه المُضَلات ١٤٩



- ~ والطاقة الكامنة ١٢٢  
~ والظاهرة الكهروضوئية ١٩١  
~ والغضلات ٣٥٥  
~ في البيت ١٦١  
~ وقُدرة الرّيح ١٣٤، ٢٥٥  
٢٥٦  
~ والقُدرة الشمسية ١٢٤، ١٩٠  
~ ومحطات القدرة ١٣٥  
~ والمُوصّلات ٢٩، ٢٢  
~ والمُوصّلات الفائقة التوصيل ١٤٩  
~ والنحاس ٨٦  
المُحرّكات ~ ١٥٨  
المُولّدات ~ ١٥٩  
أنظر أيضًا البطاريات  
الكهرباء الإجهادية ١٢٦  
الكهرباء الثّيارية ١٤٨-١٤٩  
~ ~ ~ المُتبادلة ١٥٩، ١٦٠  
~ ~ ~ المُستبعدة ١٥٩، ١٦٠  
الكهربائية الساكنة ١١٥، ١٤٦-  
٢٥٧، ٤٧  
كَهْزَل (إلكترونيك) ٦٨  
الكَهْزَلَة ٦٧  
~ في إنتاج الألومنيوم ٨٧  
~ في إنتاج النحاس ٨٦  
~ وهندوكسيد الصوديوم ٩٤  
التنقية الكهربائية ٦٧  
الكَهْزَمَان ١٤٥، ٢٢٥، ٢١٧  
الكهرمغنطيسية ١٥٦-٥٧  
الطيف الكهرمغنطيسي ١٩٢، ١١٢  
~ والخد ١٥٩  
~ والمغنطيسات الكهربائية ٣٦  
الكهوف ٢٢٨، ٢٣٦  
الكوازيكات ٢٥  
كواشف الذّنبية ١٨٠  
الكواشف الفلْزِيَّة ١٥٧  
الكواكب ٢٧٤  
إحصائيات عن ٤١٨  
الأرض ٢٠٩، ٢٨٧  
أصل ~ ٢٧٥  
أورانوس ٢٩٢  
بلوتو ٢٩٣  
جاذبية ~ ١٢٢  
رُخْل ٢٩١  
الرّهْزَة ٢٨٦  
السّوابر الفضائية و~ ٢٧٣  
مُطَارِد ٢٨٦  
الكوكب العاشر ٢٩٣  
المريخ ٢٨٩  
المُشْترِي ٢٩٠  
نِپْتُون ٢٩٣  
نُشْأَة ٢١٠  
النظام الشّمسِي و~ ٢٨٣  
الكُوالات ٣٣٥، ٤٠٠  
كوبرنيكس - نيكولاس ٢٨٧  
كوبروليت، نجو مُتخَجِر ٢٢٥  
الكوبلت ٣٢  
كوبي (ساتل شبر الخلفيّة الكونية) ٢٧٥  
كُوح - رُوبرت ٢١٣  
كُوداك ٢٠٧  
الكُورْنُوم ٢٢١
- كوري - بيير ٢٦  
كوري - ماري ٢٦، ٢٥  
الكوازارات (الكوازر) ٢٧٦  
كوشنُو - جاك إيف ٢٨٧  
الكوك ٨٤، ٩٦  
الكوكب العاشر ٢٩٣  
الكوكبات (الأبراج) ٢٨٢، ٤١٩  
كوكبة الجبار ٢٨٢، ٤١٩  
كوكروفت - جون ٢٥  
كوكسويل - هنري ٢٤٩  
كولا - شبه جزيرة كولا ٢١٢  
كولمبوس - كريستوفر ٢١٥  
كولوم - شارل أوغسطين ١٤٩  
الكُون ٢٧٤  
الحياة في ~ ٢٠٧  
عنصر ~ ٢١  
الهيدروجين في ~ ٤٧  
~ والإنفجار العظيم ١٧، ٢٧٥، ٢٩٦  
أنظر أيضًا الفضاء  
كُونِسْتِسيون ٢٥٠، ٢٥١  
كُوك - ستيفاني ١٠١  
الكُوكُيُو ٣٤٤  
الكويكبات ٢٨٣، ٢٨٩، ٢٩٤  
كويكبات أبوللو ٢٩٤  
الكويكبات الطروادية ٢٩٤  
الكُتَيْتِين ٣٥٢  
كيرتشوف - غوستاف ١٩٣  
الكيروسين (الكاز) ٩٨  
الكيلوجول ١٣٣  
الكيلوكالوري ١٣٢  
الكين (تساع) ~ ٢٣١، ٢٨٨  
الكيمياء  
~ والكيمياء ١٧  
~ والزراعة ٩١  
~ في الطب ١٠٤-٥  
الكيمياء العضوية ٤١  
الكوي - ثمره - ٢١٨
- الثّيونات ٣٣٤-٣٥  
استان ~ ٢٤٤  
أنظر أيضًا الجسم البشري  
تصنيف ~ ٤٢١  
تطوّر ~ ٢٢٧، ٢٠٨  
حليب أو لبن ~ ٣٦٨  
الرئيسيات من ~ ٣٣٦  
شعر أو وِبر ~ ٣٥٤  
فترات حقل ~ ٤٢٢  
مدى أعمار ~ ٤٢٢  
معدلات الاستقلاب في ~ ٤٢٢  
الثّيونات الجرابية ٢٢٥، ٤٢١  
الثّيونات المشيمية ٢٣٤، ٤٢١  
اللّجَا ٣٢١  
اللّجنيت ٢٢٨  
لجنين، خَشْبِين ١٠٨، ٢٥٢  
اللدان ٨١  
خصائص ~ ٢٢  
ضئ ~ ٩٩  
~ المغرّزة بالرّجّاج ١١١  
~ من الإيثين ٩٧  
المكثورات اللدانية ٤١، ١٠٠-١  
اللدان الحراري (المُستبعدة بالحرارة) ١٠٠، ١٠٦  
اللدان الصلدة الثابتة حراريًا ١٠٠  
اللدان المُشكّلة بالبنق ١٠١  
اللّذوثة ٢٢  
لُزوجة السوائل ١٩  
اللّسان ٢٥٩  
إساق ساحلي رملي ٢٣٧  
إسْمَر - جوزيف ١٠٥  
اللغاب ٧٦، ٣٥٩  
لُغْة الكرات والفسامير ١٧١  
لُفْلُوك - جيفس ٢٧٠  
لُفّاح، غُبَار الطّلع ٢١٨-١٩  
لُكْلَانْشِي - جورج ١٥٠  
اللّفس ٣٥٨  
اللّف - الجملة المفعية ٣٥١  
اللّثانيدات ٢٧  
لُفْغور ٢٨٤  
اللّواجم  
استان ٢٣٤، ٢٤٤  
إغذاء ~ ٢٤٢، ٢٤٣  
اللواميس ٢٨٣  
لوحات مفاتيح الحواسيب ١٧٣  
١٧٤  
لُوزاسيا ٢١٥  
لُوزنت - أوغست ٦٩  
لُورنتز - هينريك ١٩٤  
لُوشاتلييه - هنري ٥٤  
اللوكيميا ١٠٥  
لُومبيير - الأخوان - ٢٠٨  
اللون (أنظر الألوان)  
لُويحات مفاتيح الحاسبات ١٧٢  
لُويل - برسفال ٢٨٩  
اللّيازِر ١٩٠، ١٩٩  
الأطوال الموجية لـ ~ ٢٠٢  
إنكسار ~ ١٩٦  
~ الدائرية ٢٩  
معازف الأسطوانات المُتخّجة و~ ١٨٨  
الليامير ٢٢٦  
ليثونس أوكامبي ٢٠٥  
الليثيوم ٢٤، ٦٣
- الليزر ١٩٠  
~ الليزدي ٢٩  
الفارنات الليزرية ١٩٩  
ليكي - لويس وماري ٢٣٦  
ليتوار - إتيان ١٤٤  
لينثوس ٢١٠  
ليثونوف - إلكسي ٢٩٩  
ليثونوك - انطوني فان ١٩٧، ٢٦٦  
اللّثيفات الفضلية ٢٥٥  
م  
الماء  
الأمواج المائية ١٢٦، ١٧٨  
انتشار جزيئات ~ ٥٠  
إنكسار الضوء في ~ ١٩٦  
تبخّر ~ ٢٠، ٢١، ٦١  
تكتف بخار ~ ٢٠، ٢١  
تلوث ~ ١١٢  
تناضح ~ ٢٤١  
تنقية ~ ٨٣  
التوتر السطحي لـ ~ ١٩  
دورة ~ ٢١، ٢٧٢  
رُفَع - بشادوف أرخميدس ١٢١  
ضغط ~ ١٢٧  
الطقو والغوص في ~ ١٢٩  
القُدرة الكهربائية ٢٢٣  
القُدرة المائية ١٢٤  
القُدرة الدرية لـ ~ ١٢٤  
كثافة ~ ٢٢  
كثورة ~ ٤٦  
كَهْزَلَة ~ ٦٧  
كيمياء ~ ٦٣، ٧٥  
~ وبيديات الحياة ٢٠٧  
~ والجليد ٢٦٨  
~ والزي ٢٢٢  
~ على الأرض ٢٨٧  
~ وقطر المزيجات ٦١  
~ والمركبات والمزيجات ٥٨  
~ - مُعالجته وصناعته ٨٣  
~ وهلاله السطح ١٢٨  
المحاليل المائية ٢٢، ٦٠  
مياه الينابيع الحارّة (الحفّات) ٢١٧  
النباتات المائية ٢٤١  
للماء العسر ٧٥  
أنظر أيضًا البحيرات: المحيطات؛  
الأنهار؛ البحار؛ بخار الماء؛  
والمناطق الرطبة  
الغابر ٢١٨  
ماشيز - دراموند ٢١٤  
ماخ - إرنست ١٧٩  
المائة ١٧  
بلورات ~ ٣٠  
تغيّرات حالة ~ ٢٠-٢١  
حالات ~ ١٨-١٩  
حقائق ومعلومات عن ~ ٤٠٢-٤  
٣  
خصائص ~ ٢٢-٢٣  
الضوء و ~ ٢٠٠  
عنصر ~ ٢١  
~ والإشعاعية ٢٦-٢٧
- ~ والثّرابط الكيميائي ٢٨-٢٩  
المادّة الجّامد ١٧  
المادّة الحيّة ١٧، ٤١  
المازا (أرنه بِنّاغونيا) ٢٩٣  
ماركوني - غولييلمو ١٦٤  
ماكأنديس - بروس ٢٠٢  
ماكسويل - جيفس كلارك  
~ والتصوير الفوتوغرافي الملّون ٢٠٧  
~ والكهرمغنطيسية ١٦٤، ١٩٢، ١٩٤  
مانعات الصواعق ١٤٧  
ميونيّات الأزل ٢٢٢، ٢٩٦  
تصنيف ~ ~ ٤٢١  
الهياكل الخارجية لـ ~ ~ ٢٥٢  
مايشر - ليز ١٢٧  
مايلر - ستانلي ٢٠٧  
الميثاني  
إمداد - بالكهرباء ١٦١  
ججارة ~ ٢٢٢  
الطاقة في ~ ١٣٥  
الطّفس و~ ٢٤٥  
عزل - ١٤٢  
الفطريات في ~ ٢١٥  
مانعات الصواعق في ~ ١٤٧  
~ والزلازل ٢٢٠  
مبدأ لُوشاتلييه ٥٤  
مُبدّلات (عاكسات) التّيار ١٥٨  
مُبدّلات ١٤١  
مُبيدّ الآفات ٩١  
مُبيدات الأعشاب ٩١، ٢٧٢  
مُبيدات الحشرات ٩١، ٢٢٣، ٢٧٧  
مُبيدات الفُطر ٩١  
القبض  
~ في الجسم البشري ٢٦٨  
~ في الزهرة ٢١٩  
المثانة ٢٢  
المُتجذّبات العُظْمي ٢٧٢، ٢٨١  
مُتصالب المُتفار ٢٩٦  
مُتعضّيات ٣٠٥  
المُتعضّيات الوحيدة الخليّة ٣١٤  
مُتقدّرات ٢٢٨، ٢٤٦  
مُتلازمة القوز الصناعي المُكتسب ٢١٢  
المُتماكبات (الأيسومرات) ٤١  
المُتفوّرات (الأمية) ٢١٤، ٢٢٨  
مُتَنَزّه بُلُوستون الوطني ١٢٤، ٢١٦-١٧، ٤٠٠  
المثالج ٢٢٨-٢٩  
~ والشح ٢٦٦  
~ والخلجان الإفريقية ٢٢٦  
المثانات الهوائية ٢٢٧  
المُثَلّثات هي الامتن ١١٧  
مُجالات القُوّة ١١٤  
المُجالات كأنظمة بيئية ٢٧٠  
مجال الأرض المغنطيسي ١١٥، ١٤٥، ١٥٤، ٢١٣  
التجاهر (الميكروسكوبات) ١٢٣، ١٩٨  
غُذسات - ١٩٧  
~ الإلكترونية ٢٢٩  
~ نوات المُرشّحات المُقدّرة  
الاستقطاب ٢٢١  
~ الضوئية ٢٢٩



- المجرات ٢٧٤، ٢٧٦-٧٧  
المجرات الإهليلجية ٢٧٦  
مجرات السلسلة ٢٧٦  
المجرات غير المنتظمة ٢٧٦  
المجرات الأولية أو الحلزونية ٢٧٦  
مجرة أندروميدا (المراة) (المسلسلة) ٢٧٧، ٢٧٦  
المجسمات الصوتية الشخصية ١٨١  
مخففات ٦٩  
المخففات الذوامة ١٢٥  
مخففات تكرير مياه المجاري ٣١٢  
المخار ٢٠٥، ٢٢٤  
المخار التلينية ٢٨٥  
المخار المخروطية (المخروطيات) ٢٢٤  
مخاريات الجلد ٢٢٦  
محاكاة الطيران ١٧٥  
المحايل ٦٠، ٦٢  
المحايل المشبعة ٦٠  
محايل الكريات ١٢١  
مخزكات ١٤٣-١٤٤  
- الاحتراق الداخلي ١٤٣، ٦٥  
- الطائرات النفاثة ١٤٤، ٨٨  
المخزكات الترددية ١٤٣  
المخزكات الثنائية الشوط ١٤٣  
مخزكات الدوابات النارية ١٤٣  
المخزكات الرباعية الاشواط ١٤٣  
المخزكات الكهربائية ١٥٨  
مخزكات متعددة الأقطاب ١٥٨  
المخزكات المروحية التربينية ١٤٤  
مخسلة القوى ١١٦  
المخسلة الفضائية ٣٠٤  
مخسلة القدرة  
~ ~ والإمداد الكهربائي ١٦٠  
~ ~ والتلوث ٦٤  
~ ~ العاملة بالزيت أو الفحم ١٣٥  
~ ~ النووية ١٣٦  
المولدات في ~ ~ ١٥٩، ١٦٠  
المخسلة الفضائية شائثوت ٣٠٤  
المخسلة الفضائية فريدوم ٣٠٤  
المخسلة الفضائية بير ٣٠٤، ٣٠٠  
محطة القدرة النووية في شيرنوبيل ٢٧، ١٢٧  
مخسلة النفس ٦٥  
مخسلة الحياة البرية ٤٠٠  
محور الإرتكاز ١٢٤، ١٣١  
المخولات (الكهربائية) ١٦٠  
مخولات مخففة ٥٧  
المحيط الأطلنطي ٢١٥، ٢٣٥  
المحيط الهادي ٢١٦، ٢٣٥  
المحيطات ٢٣٤-٢٣٧  
أعاصير - ٢٥٨  
إمداد قيعان ~ ٢١٤-١٥  
الأمواج والمد والنباتات ٢٣٥  
المحيطية ٢٣٥  
(بيئات) ~ ٢٧١، ٣٨٦، ٨٧  
تلوث ~ ٢٨٧  
نباتات ~ ٢٤٤  
خطوط سواحل ~ ٢٣٦-٢٧
- مخزور رشوبية في - ٢٢٢  
الطرنادات المائية في - ٢٥٩  
عوالق ~ ٣٠٦  
مد وجزر ~ ١٢٢  
أنظر أيضا البقار  
مخاريط الإبصار ٢٠٥  
المختبر الفضائي شيبس لاب ٢٠٤  
المختبر الفضائي (شكاي لاب) ٢٠٤  
المختبرات ٤٩، ٤٠٥  
المخدرات (النيج) ٤٢، ١٠٥  
المخضبات والأسمدة ٤٢، ٤٣، ٩٠، ٩١  
مخسطة فرتزسيزنج - راسيل ٢٧٩  
مخلوقات باردة الدم ٢٢٦، ٢٥٠  
٤٢٢  
مخلوقات حارة الدم ٢٢٢، ٢٥٠، ٤٢٢  
٤٢٢  
مخلوقات خارجية الإحراق ٢٢٦، ٢٢٢  
٤٢٢، ٣٥٠  
مخلوقات داخلية الإحراق ٢٢٢، ٢٢٢  
٤٢٢، ٣٥٠  
مد البصر ٢٠٤  
المد والجزر (المد) ٢٣٥  
الجانبية ~ ١٢٢  
القدرة المدرية ١٢٤  
مدى الأعمار ٤٢٢  
المدار القطبي ٣٠٠  
مدرات  
~ السوائل ٣٠٠  
~ الكويكبات ٢٩٤  
~ النظام الشمسي ٢٨٣، ٢٩٣  
المدارات الأرضية الاستقرارية  
وسايل الاتصالات ٣٠٠  
المخففات الإلكترونية التلفزيونية ١٦٧  
١٦٧  
المدن (البيئات) ٣٩٧  
~ والضخان ٢٦٣  
~ كفتاخ صفري ٢٤٤  
~ كنظم بيئية ٢٧١  
مناخ ~ ٤١٧  
المدنات، المواد الغذائية ٦٠  
مذبذبات، ١٦٥، ١٦٦  
مذبذب سوكت تابل ٢٩٥  
مذبذب هالي ٢٩٥، ٢٩٧، ٣٠١  
المذبذبات ٢٨٣، ٢٩٥  
المدنات، المواد الغذائية ٢٢، ٦٠، ١٠٢  
المرأة المسلسلة، أندروميدا ٢٧٧-٢٧٦  
المراسد ٢٩٧  
مراطم الأمواج ٢٢٧  
مراقب الحواسيب ١٧٤  
مراكز التبادل التلفزيونية ١٦٣  
المراكز الفضائية ٢٩٩  
المراكز الحمضية الرصاصية ٦٨، ١٥١  
المزاي  
الصور المروية ١٩٤  
~ التلشكوبية ١٩٥، ١٩٨، ٢٩٧  
~ والضوء ١٩٠  
مزاي مزدوجة الاتجاه ١٩٤  
مزاي المشرق في السيارة ١٩٥، ٢٣٧، ٢٨٩، ٢٩٨
- المرايا المخدبة ١٩٥  
المرايا المشوية ١٩٤، ١٩٥  
المرايا المقطرة ١٩٥  
المزجانيات ٣٢٠  
الشعاب المزجانية ٢٢٣، ٢٢٤، ٢٨٧  
المزجيين - ريد ~ ٦٥  
المزجلات ٢٢٠  
مزشحات الاصباغ ١٠٢  
المرسلات الراديوية (اللاسلكية) ١٦٤  
مزشحات الضوء ٢٠٢  
مزشد سيرو تولولو ٢٩٧  
المزطاب (الهيجرومتر) ٢٥٢  
مركاتور - جيراردوس ٢٤٠  
المزكبات ٥٣، ٥٨-٥٩، ٦٧  
مركبات أبولو الفضائية ٢٨٧، ٢٠١، ٢٩٩  
المزكبات الفضائية  
خزكة ~ ~ ١٢٠  
خلايا وقود ~ ~ ٥٦  
ضوايح ~ ~ ١٤٤، ١٤٣، ٢٩٩  
مبوط ~ ~ على سطح القمر ٢٨٧  
المزكبات ومركز النقل ١٢٤  
المزك ١٢٤، ١٢١  
مركز النقل ١٢٢، ١٢٤  
المركز الشطحي للزلزلة ٢٢٠  
المرمر، الرخام ٢٢٤  
المرقوط ٢٨١  
المزو (الكوارتز) ٢٩  
بلورات ~ ٣٠  
المراتيت و~ ٢٢١  
الكهرباء الإجهادية و~ ١٢٦  
المرنة  
الطاقة الكامنة المرنة ١٢٣، ١٢٨  
~ وخصائص المادة ٢٢  
المزياحات ٢٥٦  
المزيج ٢٨٩  
إحصائيات عن ~ ٤١٨  
جو ~ ٢٤٨  
الشواير الفضائية إلى ~ ١٧٦، ٢٨٩، ٣٠١  
نشأة ~ ٢٨٢  
المريكيثس ٣٠٨  
مزدوجات الأقدام ٢٢٢  
المزولة الشمسية ٢٠١  
المزيجات ٥٨-٥٩  
فضل ~ ٦١  
مصابير رصدا لاسلكية ٢٧١  
مناخ المصطح ٥٥، ٥٦  
مساحيق الغسيل ٥٧، ٩٥  
مستاقف التوقف ١١٩  
مسافة الكبح ١١٩  
المسامير الطولية ١٢١  
مستحضرات التجميل ١٠٣  
مستحلبات ٥٩، ١٠٣  
مستحلبات، عوامل إستحلاب ٩٣  
المستقبلات ١٦٥، ١٦٧  
المستكشف فوق البنفسجي  
الدولي ٢٩٨، ٣٠٠  
المستشغلات ٢٣٧، ٢٨٩، ٢٩٨
- مستشغلات الفرام ٢٨٩، ٢٩٨  
المستشغلات الملحية ٢٣٧  
المستشغلات والمسلسل الغذائية ٢٧٧  
مستويات الشطيق ٢٢٣  
المستويات الغذائية ٢٧٧  
مشخ هيللا ٢٩٠  
مشقاط الشرائح ١٩٧  
مسطح ماء، شلال ٢٢٣  
مسطح مركاتور ٢٤٠  
المستيل (الهيدرومتر) ٢٢  
المشايك ٢٦٠، ٢٦١  
مشاغل راديوفونية ١٨٩  
مشاكهة ٢٨٠  
المشتري ٢٩٠  
إحصائيات عن ~ ٤١٨  
أقمار ~ ٤٥، ٢٧٢، ٢٩٠، ٣٠١  
شايان فضائيات إلى ~ ٢٧٢، ٢٠١، ٢٩٠  
نشأة ~ ٢٨٢  
النطاق الكويكبي إلى ~ ٢٩٤  
المشهورات (الديناميات) ٢٥٢  
مشق (تصميم إسياسي) ١٢١  
مشيق (عرس) ٢٦٤-٢٦٧، ٦٥  
مشيعة، شخد ٢٦٨  
المصارف والحواسيب ١٧٥  
المصاطب النهرية ٢٢٣  
المصاهر ١٥٢، ١٦١  
مصبات الأنهر ٢٢٦، ٢٨٥  
مصبات الأنهر الدلتاوية ٢٢٣  
مصباح ديفي ٢٢٨  
مصر  
علم الفلك في ~ ٢٩٦  
~ ومستحضرات التجميل ١٠٣  
نهر النيل في ~ ٢٨٨  
مصعد (أنود) ١٦٨، ٦٧  
مضورات فوئوغرافية لتوقيت  
إنهاء المسابقات ١١٨  
المضورة، بلازما الدم ٢٤٨  
مضادات التأكسد ٦٥، ٩٣  
المضادات الخنوية ١٠٥  
مضادات الروابع ٢٥٣  
مضافات الأطعمة ٩٣  
المضافات البنزينية ٩٩  
أنظر أيضا النفط  
المضخات  
~ الإلكترونية ١٦٩  
~ التلفزيونية ١٦٦  
~ الراديوية ١٦٤، ١٦٥  
مضفة، جنين ٢٦٨  
المطاط ٢٢، ١٠١، ١٠٦  
المطر ٢٦٤-٢٦٥، ٤١٦  
تكون ~ ٢٦٤  
~ والأعاصير ٢٥٨  
~ والبرق ٢٦٧  
~ والتجارات ٢٣٠  
~ والجنات الباردة ٢٥٣  
~ والجليد القاتم ٢٦٨  
~ ودورة الجفاف ٢٤٢، ٢٦٥  
~ والشعب ٢٤١، ٢٦٠-٦١  
~ ومعالجة الماء وصناعاته ٨٢  
~ الموسمي ٢٤٥، ٢٦٤  
المطر الحمضي ٢٣١  
أسباب ~ ~ ٦٤، ٦٩، ٤٢٤
- ~ وإضافة الكلس إلى الحقل ٧١  
~ والتجوية ٢٣١  
~ والتلوث ٦٨، ٢٧٢  
المطران أشر وخلق الأرض ٢٢٦  
المطهرات ١٠٥  
مطياف (مكشاف الطيف) ٦٢، ٢٨٤  
المطياف الكتلي ٦٢  
المطياف (مقياس الطيف) ١٩٢، ٢٧٨  
المطيافية ٢٣  
مطالات مبوط، باراشوتات ١١٩  
معاد ٢٤٥  
المعادلات  
~ الفيزيائية ٤٠٨  
~ الكهربائية ٤١٠  
~ الكيماوية ٥٢  
~ الموجية ٤١٢  
المعابر  
الصخور و ~ ٢٩١  
~ والجيولوجية ٢٠٩  
~ في الأسمدة ٩١  
~ في الأطعمة ٧٨  
~ في التربة ٢٢٢  
~ في التغذية ٢٤٢  
هوية ~ ومقياس مؤخر ٤١٥  
معارف الأسطوانات ١٨٨  
معارف الأسطوانات المدسجة ١٧١  
معالجة الكلمات ١٧٣  
معامل الانكسار ١٩٦، ٤١٢  
المغايرة بالتحليل الخيمي ٦٢  
المقايضة ٢٧٩  
معايير الوقود في السيارات ١٥٧  
المعدة ٢٤٥  
المضاربات المبدية ٧٦  
القروح المبدية ١٠٥  
معركة وايزلو ٢٧٠  
المعلومات  
~ والاتصالات البعدية ١٦٢  
~ الحاسوبية ١٧٣  
معيونات المشع ١٨٢  
المعز ٢٤١، ٢٤٢  
المغذيات - قرط ~ ٢٧٢  
المغنيسيوم ٢٥  
تفاعلية ~ ٤٠٥  
~ في الجدول الدوري ٢٣  
المغنطيسية ١١٥، ١٤٥، ١٥٤-٥٥  
حقائق ومعلومات عن ~ ٤١٠-١١  
الطاقة الكامنة ~ ١٢٣  
الفلزات ~ ٢٦  
الكهرمغنطيسية ١٥٦-٥٧  
مجال الأرض المغنطيسي ١١٥، ١٤٥، ١٥٤، ٢١٣، ٢١٥  
مجالات القوة ~ ١١٤  
~ في الصخور ٢١٥  
~ والمخزكات الكهربائية ١٥٨  
~ ومكبرات الصوت ٢٧  
~ والمولدات ١٥٩  
مغنطيسية القطب الشمالي ١٥٤، ١٥٥  
المغيب، غروب الشمس ٢٦٩



- المفاصل ٢٥٣  
المفترسات (انظر الضواري)  
مفرق ١٥٣  
مفرقات استعراضية ٦٣، ٢٥  
١٣٨  
المفصليات ٢٣-٢٢٢، ٤٢٢  
المقاييس الكهربائية ١٦١  
مقاومات ١٥٢-١٦٨، ٥٣  
٤١٠  
مقاومة  
~ الاحتكاك ١٢٣  
~ كهربائية ١٥٣  
~ الهواء ١١٩، ١٢١  
مقاومة الهواء لشيء الطائرة ١١٤  
مقاييس درجة الحرارة ١٢٨  
٤٠٨، ٤٤٠  
مقاييس متعددة القياسات ١٥٢  
المقدوف الثرند (الفرجون) ١٢٢  
المقرب الراديوي الكبير المتعدد  
الاطلاق ٢٩٧  
مقرب قبل الفضائي ٢٩٨، ٣٠٠  
مقياس الأس الهيدروجيني (H)  
٧٢-٧٠، ٦٨  
مقياس بوفورت ٢٥٦  
مقياس تورو ٢٥٩  
مقياس رنجر ٢٢٠  
مقياس سلسيوس ١٤٠  
مقياس فرنهيت ٤٠٨، ٤٤٠  
مقياس كلفن ١٢٨، ٤٤٠، ٤٠٨  
مقياس برزكلي ٢٢٠  
مقياس مؤخر ٤١٥، ٢٢١  
المكايح ١٩، ١٢١، ١٢٨  
المكابس ١٤٣  
مكاسين الماء ٢٨٩  
المكبات ١١٢  
مكبرات الصوت ١٥٦، ١٨٣  
المغناطيسات الكهربائية في ~  
١٥٧، ٣٧  
~ في الراديو ١٦٥  
انظر أيضا المكروونات  
المكثفات السعوية ١٤٧، ١٦٨-٩  
المكثورات ٤١، ١٠٠-١٠٦  
مكثور الإستر ١٠٧  
المكروبات  
~ والإختار ٨٠  
~ والتقانة البيولوجية ٩٣  
~ في الأطعمة ٩٣  
أنظر أيضا البكتيريا؛ والخمات  
المكروونات ١٨٣، ١٨٠  
~ ذوات الملف المتحرك ١٥٩  
~ والصحون المكافئة المقطع  
١٨٤  
~ في أجهزة التلفون ١٦٢  
~ في الراديو ١٦٥  
~ في معينات الشفق ١٨٢  
يكشاف كهربائي (الكثروسكوب)  
١٤٦  
المكثفات ٣١-١٣٠  
~ والحركة الدائمة ١٣٩  
~ والمكثفات الكهربائية ١٤٥،  
١٥٨  
مكثفات البيع ١٥٧  
مكثفات الناسوخ (الفاكس) ١٦٣  
المكثوك الفضائي ٣٠٠، ٣٠٢
- ٣٠٣  
محرركات ~ ~ ١٤٤  
مقدار ~ ~ ١٢٥  
~ ~ وانعدام الوزن ١٢٥  
الملايس  
الياف ~ ١٠٧، ٨١  
تنظيف ~ ٩٥  
الملاحة  
اليوصلات و ~ ١٥٤  
الخرائط و ~ ٢٠٩  
النجوم و ~ ٢٨٢  
الهجرة و ~ ٢٨١  
الفلاري، التردد ٣١٤  
ملانين، قتامين ٢٥٤  
ملح ٧١، ٧٣  
الملح الصخري ٢٢٣  
الملح (كلوريد الصوديوم) ٢٤  
استخدامات ~ ٤٠٧  
تحلية الماء بإزالة ~ ٨٣  
تركيب ~ ٥٨، ٥٩  
الروابط الأيونية في ~ ٢٨  
القلويات المحضرة من ~ ٩٤  
محاليل ~ المشبعة ٦٠  
الميزوسفير ٢٤٨، ٢٩٨  
ملطف الألم ١٤١  
الملغم ٨٨  
ملفات  
الكهربائية ~ وال ~ ١٥٦  
١٥٧  
~ المحركات الكهربائية ١٥٨  
الملفات اللولبية ١٥٦  
المليار (ملب) ٢٥٠  
المسحوبات ٣٢١، ٤٢١  
المناجم البثرية ٢٢٨  
مناجم تعدين مكشوفة ٢٢٨  
المناجم السربية ٢٢٨  
مناخ ٢٤١، ٢٤٤-٤٥  
ال ~ وتكون التربة ٢٢٢  
ال ~ والحيوانات ١٤٢  
~ الشهب المرجية ٢٩٢  
~ الصحاري ٢٩٠-٩١  
~ الفصور الجليدية ٢٢٩  
~ الغابات المطيرة ٢٩٤  
~ الغابات المعتدلة ٢٩٦  
ال ~ والفصول ٢١١  
~ القطبين ومناطق التندرا ٣٨٢  
~ المدن ٤١٧  
مناخ ساحلي بحري ٢٤٤  
مناخ صخري ٢٤٤  
مناخ قاري ٢٤٤  
المناخ القطبي ٢٤٥  
المناخ المعتدل ٢٤٤  
المناخات الإشتوائية المدارية ٢٤٤  
المناخات المتغيرة ٢٤٦-٤٧  
أنظر أيضا الطقس  
المنازل أنظر المباني  
مناطق التندرا ٣٧١، ٣٨٢-٨٣  
جبال ~ ~ ٣٨٤  
مناخ ~ ~ ٢٤٥  
المناطق الرطبة ٢٧١، ٣٨٩، ٣٩٨  
المناطق القطبية ٣٧١، ٣٨٢-٨٣  
المناطق المحددة بالروائح ٣٥٩  
المناطيد  
الهيدروجين و ~ ٤٧
- الهليوم و ~ ٤٨، ١٢٩  
الهواء داخل ~ ٥٠  
~ والتنقيط بالأحوال الجوية  
٢٧١  
مناقير الطيور ٢٢٢  
المنتجات في السلاسل الغذائية  
٢٧٧  
المنتجرات ٢٩٣  
منتجرات زكامة شبيهة ٢٢١  
المنتجرات ٢١٤  
المنتجرات الجوية ٢٥٢، ٢٧٠  
منزل - جريچور ٢٦٥  
ميتلييف - ديمتري ٢٢  
منطقة الركود المغناطيسي  
منظار داخلي ١٩٦  
منظار ذو عينية ١٩٨  
المنتجات ٩٥  
منظمة الأرصاء العالمية ٢٧١، ٤١٦  
منظومة بيدي (البنيمة الزمنية)  
للآلات الموسيقية ١٨٩  
المنتجرات ٣٦٠، ٣٦١  
مكتبات الأطعمة ٩٣  
المنتجات ١٥٩  
الضوء العربية ٤٠٠  
مهيطة، كاثود ١٦٧، ١٦٨  
المواد ٨١-١١٢  
إعادة تدوير ~ ١١٢  
تصميم ~ ١١١  
حقائق ومعلومات عن ~  
٤٠٦-٧٠  
المواد الأولية ٤٠٧  
المواد الشفافة ٢٠٠  
المواد الشفافة ٢٠٠  
مواد كاملة ٢٠٠  
المواد المصنوعة ١٠٦  
مواد مقاومة للحرارة ١١١  
أنظر أيضا مادة بمفردها  
موارد ٤٠٧  
موازين الحرارة ١٤٠، ٢٥١  
الموازين الزنبركية (أو النابضية)  
١٢٣  
الموازين القياسية ١٢٤  
الموازين النيوتنية التدرج ١٢٣  
المواضيعات (المكثفات السعوية)  
١٤٧، ١٦٨-٩  
قوجة (أنظر أمواج)  
بطن الموجة ١٨٦  
مويم الحاسوب ١٧٣  
موزس - صموئيل ١٦٢  
موزي - إيفون ٢٥٢  
الموز ٣٦٦  
الموسيقى  
الاصوات الموسيقية ١٨٦-٨٧  
الآلات الموسيقية ١٢٦، ٤١٢  
~ الإلكترونية ١٨٩  
~ والسعويات ١٨٤  
الموسورات ١٩٣، ٢٠٢  
الموصلات  
خصائص ~ ٢٢  
~ القانعة التوصيل ١٤٩  
~ الفلزية ٢٩  
~ الكهربائية ١٤٨  
~ النحاسية ٨٦
- الموصلية ٢٢  
موطن (بيتي) ٢٧٠  
المول ٥٣، ٢٢٥  
المولدات ١٤٥، ١٥٩، ١٦٠  
مولفات مونغ ١٨٩  
مولر - ألكس ١٤٩  
موندلر - إدوار ٢٤٢  
مونهز - غريديخ ٤١٥  
موروفيتش - أندريا ٢١٢  
الميثانول ٩٣، ٥٦  
الميثان  
تفاعلات ~ الكيميائية ٥٢  
تكون ~ ٢٢٩  
~ في بدايات الحياة ٢٠٧  
~ من مطارح النفايات ١١٢  
~ من منتجات الغاز ٩٧  
~ من منتجات النفط ٩٨  
ميجاد، جبل ميجادي ٢٣٠  
ميراندا ٢٩٢  
ميروسورس برازيلينسيس ٢١٥  
الميزوسفير ٢٤٨، ٢٩٨  
الميزوسفير ٢٠٨  
بيسم (سيف) ٢١٩  
النيتكا ٢٢١، ٢٢٤  
الميكروسكوبات المركبة ١٩٨  
المثل المغناطيسي ٢١٣  
المثلوثيت ٢٢٤  
ميليكال - روبرت ٢٥  
الميلين، النحاسين ٢٦٠  
ميمان - تيودور ١٩٩  
~ والطرائد ١١٤، ٢٥٩
- ٣٦  
~ والاحافير ٢٢٥  
~ والتغذية ٢٤٢  
~ وتكون الفحم ٢٢٨  
~ والتنازل الجنسي ٢٦٧  
~ ودورات الغلاف الحيوي  
٢٧٢-٣  
~ ودورة الأكسجين ٤٤  
~ ودورة الكربون ٤١  
~ ودورة النتروجين ٤٢  
~ الزهرية ٣١٨-١٩، ٤٢٠  
~ والسلاسل والشبكات  
الغذائية ٢٧٧  
~ وشع الشمس ١١٢  
~ وطاقة الكتلة الحيوية ١٣٤  
~ في الخواصر والمدن ٢٩٧  
~ في الصحاري ٢٩٠  
~ في الغابات المطيرة ٢٩٤-٩٥  
~ في غابات المناطق المعتدلة  
٢٩٦  
~ في المناطق الجبلية ٢٨٤  
~ كواشف الحمضية ٧٢  
~ في المناطق الرطبة ٢٨٩  
~ والوراثيات ٢٦٤-٦٥  
النباتات المتفرشة ٢٥٩، ٢٩٤  
النبتة المشجعية ٢٥٩  
نيتون ٢٨٢، ٢٩٣  
إحصائيات عن ~ ٤١٨  
إكتشاف ~ ٢٩٢  
السواير الفضائية إلى ~ ٢٧٢،  
٢٠١، ٢٩٢  
النقح ٢٤١  
النترات ٢٧٢  
نترات الفضة ٢٠٦  
النتروجين ٤٢  
نورة ~ ٢٧٢  
~ في الامونيا ٩٠  
~ في الهواء ٧٤  
~ والمخصبات ٩٠  
النتروجينسرين ٤٢  
نجم البحر والرقبات ٢٢٥  
نجم القطب ٢٨٢  
النجوم المتكبر (كويزوليت) ٢٢٥  
النجوم ٢٧٢، ٢٧٨-٧٩  
اشطع ~ ٤١٨  
أقناء (ج. قنول) ~ ٢٨٠  
الاندماج النووي في ~ ١٢٧  
تلالو ~ ٢٦٩  
دورة حياة ~ ٢٨٠-٨١  
الشمس أقرب ~ ٢٨٤-٨٥  
ضوء ~ ١٧٧  
طاقة ~ ١١٣  
قياس نموع ~ ٢٨٢  
الكوكبات و ~ ٢٨٢، ٤١٩  
مخزات ~ ٢٧٦-٧٧  
~ وعلم الفلك ٢٩٦  
النجوم البدائية ٢٨٠  
نجوم ثنائية ٢٧٩  
النجوم الثنائية المتكسفة ٢٧٩  
النجوم العملاقة الحمراء ٢٨١،  
٢٨٥  
النجوم القزمة البيضاء ٢٨٠-٨١،  
٢٨٥  
النجوم القزمة السوداء ٢٨١، ٢٨٥
- ن  
النابذات (الفراغات الطارئة) ٦١  
نابليون الأول ٦٣، ٢٧٠  
~ الثالث ٨٧  
نار القديس الشو ٢٦٩  
الناسخات الضوئية ١٤٦  
الناسوخ (الفاكس) ١٦٣  
الناسخات (الكوبرا) ٢٢٠  
الناس ٢٢٤  
نمايت الشبيكة والإحصار ٢٠٥  
النباتات ٣٠٦  
الياف ~ ١٠٧  
إنقراض ~ ٢٩٨-٩٩  
البيئة الداخلية في ~ ٢٥٠  
تحرك ~ ٢٥٦  
التخليق الضوئي في ~ ٤٩، ٦٥  
١٧٤، ٢٤٠  
تصنيف ~ ٢١٠-٢١١، ٤٢٠  
تطور ~ ٢٠٨، ٢٠٩  
تعايش ~ ٢٧٩  
التكاثر اللاجنسي في ~ ٣٦٦  
التنفس في ~ ٢٤٦  
خواص ~ ٢٥٩  
الخلايا النباتية ٢٢٧، ٢٢٨-٢٩  
طاقة ~ ١٢٣، ١٢٨  
اللزهرات ٣١٦  
مدى أعمار ~ ٤٢٢  
نظام النقل في ~ ٣٤١  
نقو ~ ٢٦٢  
الهرمونات النباتية ٣٥١  
يختص (كلوروفيل) ~ ٢٥